

---

# FABRICACIÓN DE LA MONEDA A TRAVÉS DE LOS TIEMPOS

---

*Versión Octubre 2005*

Por

Benjamín Muñiz García

[roboturl@hotmail.com](mailto:roboturl@hotmail.com)



**Ilustración 1: Sala de acuñación, Yakarta (Indonesia)**

<b>1. Origen de la Moneda</b>	<b>4</b>
<b>1.1. Paleo-moneda – Dinero Primitivo</b>	<b>4</b>
<b>1.2. Las primeras monedas</b>	<b>6</b>
<b>2. Edad Antigua (600 a.d.C. – 478 d.C.)</b>	<b>8</b>
<b>3. Edad Media (478 – 1500)</b>	<b>11</b>
<b>3.1. Ensaye</b>	<b>11</b>
<b>3.2. Preparación del riel</b>	<b>12</b>
<b>3.3. Preparación de los cospeles</b>	<b>13</b>
<b>3.4. Troqueles</b>	<b>14</b>
<b>3.5. Acuñación a martillo</b>	<b>15</b>
<b>4. Fabricación por Fusión</b>	<b>16</b>
<b>5. La edad Moderna (1500-1780)</b>	<b>17</b>
<b>5.1. La prensa Volante (1500-1780)</b>	<b>17</b>
<b>5.2. Acuñación a Molino (1500-1780)</b>	<b>20</b>
<b>5.3. Otras prensas y elaboración de troqueles (1500-1780)</b>	<b>24</b>
<b>5.4. Preparación del riel (1500-1780)</b>	<b>25</b>
<b>5.5. Preparación de los cospeles (1500-1780)</b>	<b>28</b>
<b>6. La Edad Contemporanea, (1780-1945)</b>	<b>30</b>
<b>6.1. Prensas de Vapor (1780-1945)</b>	<b>30</b>
<b>6.2. Fabricación de Troqueles y herramientas asociadas (1780-1945)</b>	<b>33</b>
6.2.1. Troqueles (1780-1945)	33
6.2.2. Pantógrafos (1780-1945)	34
6.2.3. La Virola o Troquel de Canto (1780-1945)	35
<b>6.3. Preparación del riel (1780-1945)</b>	<b>35</b>
<b>6.4. Fabricación de los cospeles (1780-1945)</b>	<b>36</b>
<b>6.5. Control del metal (1780-1945)</b>	<b>37</b>
<b>7. Fabricación actual FNMT RCM</b>	<b>39</b>
<b>7.1. Historia de la FNMT RCM</b>	<b>39</b>
<b>7.2. Fabricación de los troqueles</b>	<b>41</b>
<b>7.3. Fabricación de los Cospeles</b>	<b>46</b>
<b>7.4. Proceso de Acuñación</b>	<b>50</b>
<b>7.5. Puestos de trabajo en la FNMT</b>	<b>53</b>
<b>7.6. Monedas Proof</b>	<b>54</b>
<b>8. El pantógrafo</b>	<b>55</b>
<b>9. Medallas</b>	<b>56</b>

<b>10.</b>	<b><i>La prensa de acuñación actual</i></b>	<b>57</b>
<b>11.</b>	<b><i>Glosario y términos en inglés</i></b>	<b>61</b>
<b>12.</b>	<b><i>Material consultado</i></b>	<b>65</b>
<b>12.1.</b>	<b>Libros</b>	<b>65</b>
<b>12.2.</b>	<b>Sitios Web</b>	<b>65</b>
<b>13.</b>	<b><i>Agradecimientos</i></b>	<b>66</b>

# 1. Origen de la Moneda

## 1.1. Paleo-moneda – Dinero Primitivo

En el neolítico, los excedentes de cada actividad, caza, pastoreo, agricultura y la industria artesana eran objeto de trueque. El trueque permite el intercambio de bienes, pero debe haber una coincidencia entre las dos partes entre lo superfluo para uno y lo necesario para el otro. Es por tanto necesario una unidad de medida y valor comúnmente aceptada que facilite el pago, el atesoramiento y la riqueza, así surge el dinero primitivo.

En **China** los cuchillos eran muy valorados y sirvieron como objeto de trueque. Surgió la idea de comerciar con reproducciones en cobre de menor tamaño de estos cuchillos y también de objetos muy valorados como las palas y las camisas. Las premonedas con forma de cuchillo eran llamadas '**tao**' y las que tenían forma de pala o camisa eran llamadas '**pu**'. Los verdaderos cuchillos iban colgados en el cinto y así tenían un mango con un agujero, a medida que se fue reduciendo el tamaño de los cuchillos en miniatura este cuchillo tendría forma de llave y al final surgió una moneda redonda con un agujero central, llamado '**cash**' <sup>1</sup> que circuló desde los tiempos de Confucio, siglo VI a.d.C., hasta 1919 en pleno siglo XX

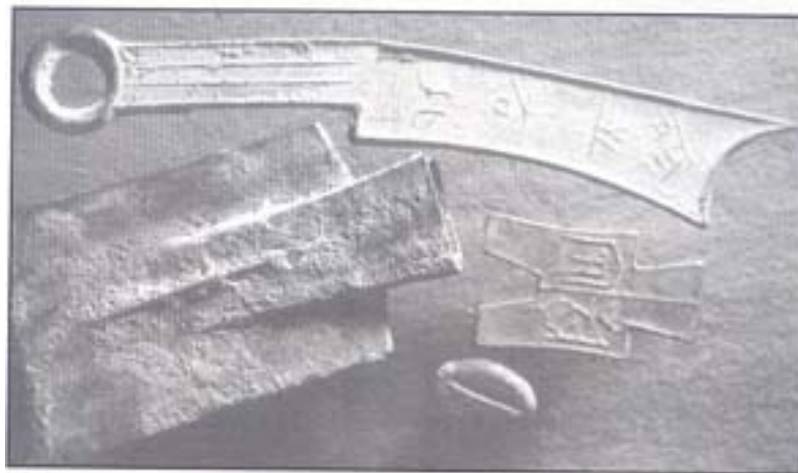


Ilustración 2 - Objetos premonetales 'Tao' y 'Pu' del segundo milenio a.d.C.

---

<sup>1</sup> Palabra que tomaría la lengua inglesa para denominar al dinero



**Ilustración 3 – Moneda cash, siempre de cobre y con un taladro central de forma cuadrada, circuló en Asia.**

Sería difícil clasificar o enumerar la gran cantidad de elementos que fueron usados como medio de pago y medida de valor por diferentes sociedades y en diferentes épocas. En los pueblos cazadores se usaban generalmente **pieles**, en los pueblos pastores **ovejas**, pecunia en latín, y cabezas de ganado, capita en latín, que dio origen a la palabra capital. La palabra Rupia significa ganado. En los pueblos agricultores se usaban cereales, en México granos de cacao por los indios prehispánicos y el tabaco en Virginia.



El caorí, una concha de molusco, fue usada ampliamente por mas personas y sociedades que cualquier otro tipo de dinero primitivo, extendiéndose por África, Asia y el Pacífico. En África el caorí fue medio de pago y permitía el ahorro hasta el siglo XIX.

Un siglo antes de que circularan los primeros dracmas en la antigua Grecia, se usaba como medio de pago lingotes metálicos que se pesaban. Incluso se llegaron a marcar los lingotes con su peso y emisor que garantizaba la ley del metal. Pero faltaba una **ley** o gobierno emisor que garantizase la **materia** (pureza del metal y un peso estándar) y una **forma** (diseños que permitiesen su fácil identificación). Es decir los elementos que debe cumplir una moneda: **ley, materia y forma**.

## 1.2. Las primeras monedas

Las primeras monedas Lidias eran conglomerados de **electrón** (una amalgama natural de plata y oro, llamada oro blanco). El flan o cospel, de electrón, era calentado y acuñado mediante un punzón que era martilleado y transfería el diseño del punzón al flan.

Estas monedas eran acuñadas en Sardis la capital Lidia ya en el 652 a.d.C., durante el reinado de Ardys. Estas monedas, no cumplían con un peso y ley fija. El electrón u oro blanco se encontraba de forma natural o se podía alear y tenía aproximadamente un 80% de oro y un 20% de plata y otros metales. Los lidios descubrieron como separar el oro y la plata que contenía el electrón.



**Estatera de electrón (652-615 a.d.C.), sin peso y aleación estándar**

Las monedas oficiales, tal y como las conocemos hoy, con características de valor intrínseco<sup>2</sup> fijo, se deben a el **Rey Creso** (561-546) (**ley**), el estableció la pureza del metal (98% de oro o plata) y el sello real de una cabeza de león y de toro (**forma**). Este sello real, garantizaba el valor de la moneda, en pureza y peso (**materia**). Se acuñaron estateras de oro y plata de forma lenticular creando un sistema monetario bimetálico con un ratio 13:1 del oro respecto la plata.

A partir de Asia Menor, el uso de la moneda se extenderá por toda la cuenca Mediterránea.



**Ilustración 4 - Estatera de oro Lidia (561-546 a.d.C.)**

Posteriormente en el siglo VI a.d.C., las principales polis griegas empezaron a acuñar moneda, como Egina, que mantenía relaciones comerciales con los lidios, y Corinto.

La primera moneda griega plana y redonda, como las que conocemos hoy, fue una estatera de plata de la isla de Egina, en la que aparece el sello de la autoridad, una tortuga, símbolo de la ciudad. Pronto Tebas, Corinto, Atenas y otras polis o ciudades

<sup>2</sup> Valor del metal que compone la moneda



griegas la siguieron. Corinto tenía como Dios a Pegaso, el caballo alado, que aparecía en su estatera<sup>3</sup> de plata. Atenas que recibe su nombre de Atenea, diosa de la sabiduría, y residencia de filósofos como Sócrates, Platón y Aristóteles, acuña tetradracmas con la efigie de Atenea



Isla de Egina – Reverso incuso



Pegaso y Atenea

En el siglo VI a.d.C., gracias al comercio entre las diversas polis, la moneda ya era conocida en toda Grecia.

Como se puede observar las primeras monedas de la historia en el reverso tenían una marca incusa debida a la sujeción del cospel y en el anverso un motivo en alto relieve de un cuño estampado a martillo. Es decir sólo se usaba un troquel anverso cincelado a mano por el grabador y muy posiblemente de bronce. Posteriormente se usaron dos cuños que recibían la acuñación del monedero a martillo. Muchas monedas tenían sus diseños descentrados y podían recibir varios martillazos por los esclavos que amonedaban.

En la Península Ibérica, los griegos se asentaron en la costa mediterránea alrededor del año 600 a.d.C. Ellos fueron los primeros en acuñar moneda en la península, con bellos dracmas de Emporion (Ampurias) y Rhode (Rosas), desde el siglo IV a.d.C., utilizando la iconografía del caballo alado (pegaso) y la rosa abierta, respectivamente.



Ilustración 5 – moneda de Rosas, con Helios y rosa abierta.

<sup>3</sup> La estatera de plata era un didracma (2 dracmas). La estatera de oro eran 20 dracmas.

## 2. Edad Antigua (600 a.d.C. – 478 d.C.)

En la Edad Antigua, ya desde el 650 a.d.C. en Lidia, actual Turquía, se acuñaron las primeras monedas a martillo. El cospel o flan de composición y peso conocido era calentado al rojo para ablandarlo y colocado entre los cuños o troqueles y acuñado a martillazos. Cada troquel tenía en su extremo grabado en hueco el diseño de la moneda. El troquel del anverso de la moneda se llamaba **troquel fijo**, y estaba fijado a un hueco o clavado a un trozo de madera formando virtualmente un yunque. El troquel del reverso de la moneda o **troquel móvil** era una pieza cilíndrica de unos 10 centímetros de largo a la que el acuñador asestaba uno o varios golpes de martillo para grabar la impronta de la moneda que estaba situada entre ambos troqueles.

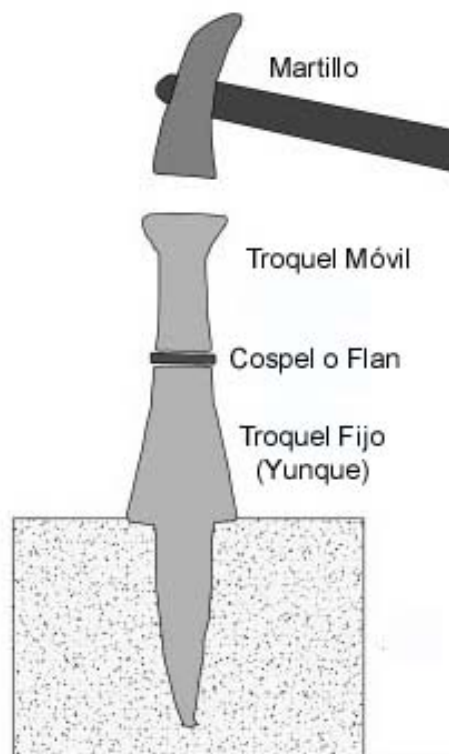


Ilustración 6 – Acuñación a Martillo

Resultaba casi imposible acuñar dos monedas idénticas, debido a la posición y ángulo del troquel móvil y la fuerza del martillazo. Si la moneda no quedaba bien acuñada, esta se calentaba al rojo para volver a estampar a golpe de martillo el diseño hasta que quedase bien labrada. Muchas monedas tenían descentrado el diseño de sus caras o presentaban dobles contornos ya que en el primer golpe de martillo no se grabaron bien los tipos y en el segundo golpe de martillo era difícil que coincidiese la posición.

Esta acuñación en caliente, con el cospel calentado al rojo, resultaba en monedas con relieves más marcados y en que en su canto podían aparecer roturas, al enfriarse primero el canto que el resto del cospel.



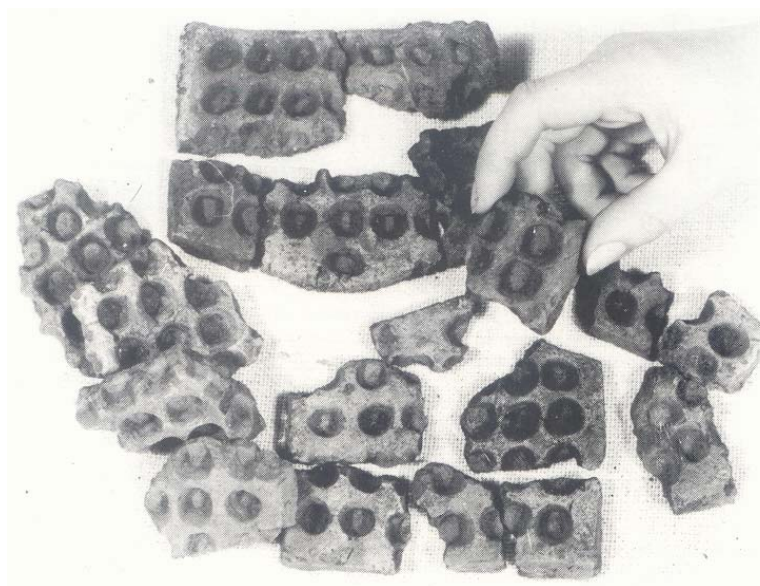
Ilustración 7 - Estatera de oro Lidia (561-546 a.d.C.)



**La acuñación de monedas fue una tarea artesanal que constituyó uno de los mayores logros de la Antigüedad.**

Los **metales** nobles como el oro puro y la plata pura son muy raros en la naturaleza por lo que habitualmente eran metales que debían obtenerse por copelación, proceso que permitía lograr una pureza del 99%. Se fundía el metal en una recipiente llamado copela, de cenizas y cal, y se separaban los metales nobles de los menos nobles, como el plomo, el hierro, zinc, etc, que pasaban por oxidación a la atmósfera, quedando el metal noble en la copela. Además del oro en los aureos, de la plata en los denarios y de los bronce, otro metal usado por los Romanos fue el oricalco, para sus sestercios, que es un aleación de cobre con zinc de color amarillento que se obtenía por cementación. La cementación consistía en calentar ambos metales antes de llegar a su punto de fusión y así se convertían en un metal con propiedades diferentes.

Para el **ensaye** de los metales se usaba una piedra de toque que revelaba hasta el escrúpulo la pureza de oro, plata y cobre hasta el escrúpulo.



Los **cospeles**, o discos metálicos, listos para acuñar, eran fabricados generalmente mediante moldes monovalvos contruidos en piedra o arcilla con alvéolos en los que se vertía el metal fundido y se dejaba enfriar. En los denarios romanos la serratura del canto se realizaba en los flanes o cospeles antes de la acuñación.

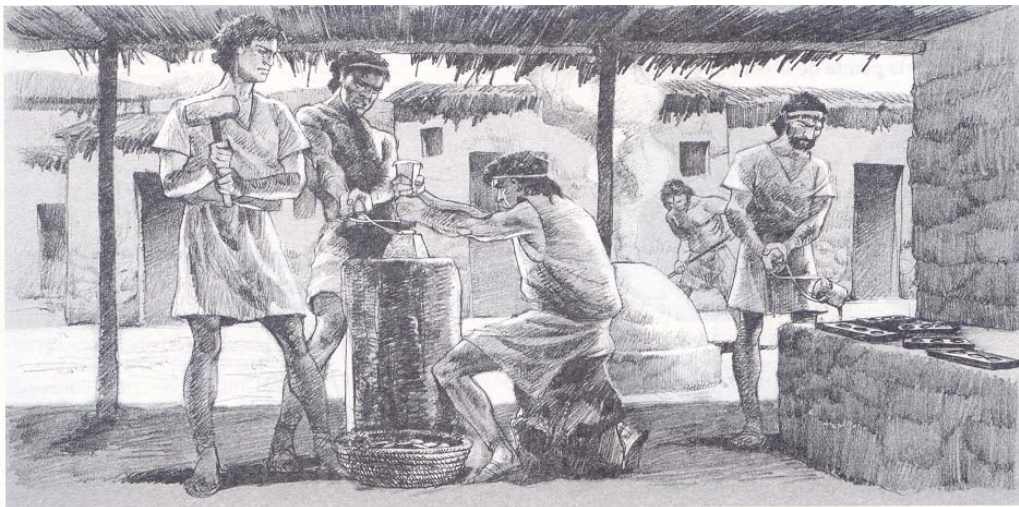
**Ilustración 8 - Molde monovalvo de arcilla, año 100 a.d.C.**

Se usaban **troqueles** de bronce, pero en el Bajo Imperio Romano durante el mandato del Emperador Constantino se comenzaron a usar troqueles de acero más resistentes que ya no hacían necesario el calentar los cospeles y permitieron la acuñación en frío. También se usaron troqueles unidos por una bisagra, lo que permitía que los cuños siempre tuviesen la misma orientación entre si y que el impacto del martillo tuviese más presión sobre el cospel. Se estima que aquellos cuños podían acuñar entre 10 mil y 30 mil monedas antes de su retirada, siendo el troquel móvil el que tenía una vida más corta al sufrir estos golpes de martillo. Los

troqueles eran grabados a mano y retocados cuando se desgastaban, con herramientas de acero.

Los romanos llamaban al **taller de monedas** *oficina monetalis* y a los trabajadores:

- *officinatores*: eran aquellos trabajadores encargados de una de las secciones de la ceca pero que no tenían relación directa con la acuñación. (*aequatores, dispensatores...*)
- *aequatores*: los que supervisaban la igualdad de pesos de los flanes o cospeles.
- *dispensatores*: realizaban funciones contables.
- *scalptores*: grabadores o abridores de cuños, usaban herramientas como taladros de arco, buriles, punzones, compás, etc.
- *suppositores*: colocaban el cospel con unas tenazas en el cuño anverso o yunque para que fuese acuñado por los maellatores.
- *maellatores*: los que asestaban el golpe de martillo.
- *falturarii*: relacionados con el trabajo del metal para fabricar los flanes.



**Ilustración 9 – Taller de monedas, acuñación a martillo**

El Acuñar recibe el nombre en latín de *ferire, cudere, percutere o signare*

Ya en la antigua Roma aparecieron las primeras **falsificaciones** de monedas. Las falsificaciones mas comunes eran monedas forradas, estas imitaban monedas preciosas y debían ocultar que la moneda no era del metal noble que aparentaba ser. Para ello se podía forrar un cospel cualquiera recubriéndolo de laminas de plata soldándolas o calentándolas y después se procedía a la acuñación. También había monedas falsas fabricadas por fusión o fundidas, mediante moldes, siendo estas falsificaciones de peor calidad.

### 3. Edad Media (478 – 1500)

Después de la caída del imperio romano, datada en el año 478, los bárbaros trataron de imitar el arte antiguo con sus diseños, pero los troqueles no eran grabados con la misma destreza.

En la Edad Media el proceso seguía aun siendo manual y en los talleres monetarios o cecas, aun se realizaba la acuñación a martillo. El metal se fundía para alearlo en hornos dotados de rieleras a modo de moldes, de los que salían las tiras metálicas o rieles, de las que se cortaban los cospeles. El valor de las monedas se correspondía al valor intrínseco de su metal, siendo fundamental el trabajo de los ensayadores que determinaban el contenido de metal precioso de la aleación del cospel mediante el hornillo y la balanza. Las siglas del Ensayador aparecían en las monedas como garantía de la correcta ley del metal.



**Ilustración 10 – Vidriera que muestra la Fabricación en la Edad Media**

En esta vidriera, que enseña un taller monetario de la Edad Media, un obrero reduce con golpes de martillo el espesor de la placa de metal o riel en la cual los cospeles son después cortados a tijera, limados y martillados para conseguir el peso y el espesor deseados. El monedero procede a la acuñación propiamente dicha: pone el cospel encima del troquel reverso o fijo, y sujetando el troquel anverso con su mano, imprime entonces varios golpes con el martillo que estampan el diseño en la moneda situada entre los troqueles.

#### 3.1. Ensaye

El ensaye es la operación en el que el ensayador analiza la ley de los metales de plata y oro en bruto que ingresan en la Casa, así como la de la moneda final antes de que salga de la fábrica, para comprobar que tenga la ley que requiere la legislación. El ensayador también trabaja conjuntamente con el fundidor para preparar la aleación del metal con que se va a acuñar la moneda.

El ensayador tiene su propia oficina donde, sin moverse de su asiento, puede manejar el hornillo, la balanza de precisión y el tas, o pequeño yunque. También dispone de otros instrumentos para realizar su oficio, como copelas, o pequeños crisoles, piedra y

puntas de toque, tenazas, dinerales, etc. El ensayador es uno de los oficiales más importantes de la fábrica, y está obligado a poner su sigla - como garantía - en todas las monedas acuñadas con metal que él mismo había ensayado.

Había dos formas de realizar el ensaye mediante la piedra de toque y mediante la copelación.

El Ensaye con piedra de toque era fácil de realizar, se rayaba la piedra de toque, de silicio, con un trozo de metal que se quería ensayar y, junto a esa marca se hacían otras con puntas de toque de ley conocida. Cuando la tonalidad de ambas ralladuras coincidía, la ley de esa punta era la del metal que se ensayaba.

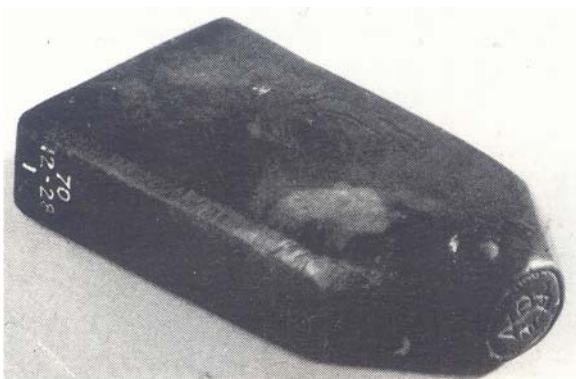


Ilustración 11 – Piedra de toque

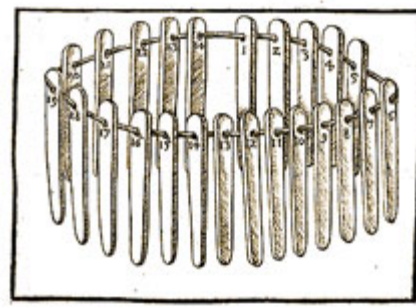


Ilustración 12 - Puntas de Toque

El ensaye por fuego o por copelación era más difícil de realizar, aunque sus resultados mas exactos. En esencia consistía en pesar una cantidad de metal que se quiere ensayar, eliminar por copelación los metales no nobles como el cobre y el plomo y volver a pesar la plata pura. Para este tipo de ensaye por fuego o copelación se usaba un hornillo y un recipiente llamado copela no reusable hecho con cenizas de cuernos o huesos.

### 3.2. Preparación del riel

El **maestro de moneda** era el encargado de preparar la colada, mezclando los metales brutos como la plata y el cobre en proporciones adecuadas para alearlos después en el horno. Por ejemplo, se tomaban 12 partes de igual peso y había que determinar la proporción de partes de plata y partes de cobre. A estas partes de metal bruto se les practicaba el ensaye para determinar su verdadera pureza.

El **fundidor** recibía esas partes de metal puro en su correcta proporción y los fundía en un crisol de material refractario. Después el metal fundido se vertía en un molde, llamado rielera, para que solidificase y formase una tira metálica llamada riel. Las rieleras podían ser de una o dos piezas y hechas en 3 materiales, a saber: de arena húmeda, piedra o hierro.

El **ensayador** procedía ensaye de los rieles por muestreo, ya que se producían mermas sobre todo en la proporción de cobre al alear el metal en los hornos.



### 3.3. Preparación de los cospeles



**Ilustración 13 – Taller Monetario Medieval.**

En la Ilustración superior podemos ver unos fuelles que alimentaban el horno de fundición donde se fundían los metales. Un hombre aplanando un riel a martillazos y una mujer labrando una moneda a golpe de martillo.

Si el riel no era lo suficientemente fino este se golpeaba a martillo hasta reducir su grosor al de los cospeles que se debían obtener. Después el riel era cortado mediante unas tijeras en trozos cuadrados de igual tamaño. Cada cuadrado de metal era recortado en sus esquinas para darle forma redondeada y obtener así el cospel. El cospel era golpeado en sus cantos para hacerlo más redondo y al igual que el riel podía ser martilleado para hacerlo mas fino. Tanto rieles como cospeles se endurecían y había que ablandarlos para seguir trabajando con ellos. Mediante el recocido de rieles y cospeles, que consistía en calentarlos a altas temperaturas y luego dejándolos enfriar lentamente se conseguía que el metal fuese más maleable.

Al azar se cogían algunos cospeles del lote y se procedía al ensayo para comprobar que la ley continuaba siendo la del riel y nadie había introducido cospeles fraudulentos. Los restos de metal sobrantes al recortar el cospel, llamados cizalla, eran recogidos para volverlos a fundir. Después se procedía a la libranza que consistía en un control de peso de los cospeles. Para el **juez de balanza** cogía un número de cospeles que correspondían a cierto peso y se pesaba en una balanza junto al peso de referencia, se podían añadir cospeles o quitarlos de la balanza según indicaban las normas de tolerancia. Si se sobrepasaban el número de cospeles de tolerancia, la partida entera no cuadraba y había que desecharla.

Los cospeles, debido al recocido, presentaban manchas de oxidación, así que se limpiaban con agentes químicos para hacerlos más plateados por el **blaqueador** y junto con la acuñación dar el brillo de las monedas recién acuñadas. Para esta blanquición o blanqueo se disolvía sal y ácido tártao en agua hirviendo y se daba un baño a los cospeles hasta que estuviesen lo suficientemente blancos. Se secaban los cospeles con esponjas y luego se extendían sobre mantas o paños para que estos terminasen de secar.

El blanqueo producía merma de peso, pues el ácido se comía el cobre, así que otra vez se pesaba una cantidad de cospeles para ver si cumplían el peso tolerable. También variaba la ley del cospel después de la blanquición pues el cospel tenía menos cobre por efecto de los ácidos. Luego se practicaba un nuevo ensaye sobre cospeles al azar, en el que se tenía en cuenta su aumento de ley.

### 3.4. Troqueles



Ilustración 14 – Troqueles edad Media

En la imagen aparece un troquel superior, troquel en el lenguaje de la época, con señales de golpes de martillo y un troquel inferior, llamado por aquel entonces pila, que se clavaba a un trozo de madera formando virtualmente un yunque.

Los cuños eran del mejor acero posible, y el troquel superior al recibir los impactos del martillo tenía una vida más corta que la pila.

Los cuños eran fabricados localmente en cada uno de los diferentes talleres monetarios o cecas y aparecían variaciones en el estilo y calidad de las improntas, que hacían más fácil su falsificación. El grabado a mano de inscripciones en los troqueles fue sustituido por impresiones con pequeños punzones de acero con relieve positivo. Punzones de mayor tamaño, que podían grabar una efigie completa, no podían ser usados pues no existía aún la prensa volante. Por último, las monedas no eran perfectamente redondas, ni su motivo se encontraba perfectamente centrado, lo que favorecía su cercenamiento.



### 3.5. Acuñaación a martillo



Ilustración 15 - Monedero o acuñador, labrando a martillo una moneda

Los acuñadores, situaban el cospel entre el troquel y la pila. Luego le asestaban un golpe de martillo al troquel y así transferían las improntas de los cuños al cospel que se convertía ya en moneda. Al acuñador le estaba permitido estropear cierta cantidad de cospeles que si superaba era penalizado. Las piezas mal acuñadas eran rechazadas y se cortaban para luego fundirlas.

Se llama libranza de las monedas a la operación que les daba el visto bueno y requería de un nuevo ensaye y control de peso, antes de la puesta en circulación de las monedas.

Durante la edad Moderna también se siguió empleando la acuñación a martillo, la cual tenía el principal inconveniente de que producía monedas no redondas que eran feas y fáciles de recortar y limar lo que representaba un fraude tanto para el comercio como para la Hacienda Pública. Antes de la llegada de las prensas volantes a España, sobre el 1700, Felipe II celebró un contrato, el 9 de Agosto de 1598, para la acuñación de las monedas a cabo de barra, desarrollado por el inventor **Miguel de la Cerda**. El proceso consistía en fabricar barras de plata cilíndricas con el diámetro de la moneda, con tijeras especiales se cortaban los cospeles que se acuñaban a martillo y producían monedas redondas o casi redondas, dejándose de labrar moneda macuquina. Hasta que no apareció la cerrilla, un artilugio que acordonaba el canto de las monedas, el problema del cercén de las monedas continuaría.

## 4. Fabricación por Fusión

Los chinos fabricaban monedas vertiendo metal fundido en un molde, desde antes de la era cristiana hasta finales del siglo XIX. También en otros países como la India y Marruecos adoptaron este sistema de fabricación, siempre para moneda de cobre o bronce de poco valor.

La fusión era sencilla, rápida y barata en cuanto a mano de obra y herramientas. Sólo había que verter metal fundido en el molde, esperar a que se solidificase el árbol de fundición, cortando las hojas o monedas, y volver a fundir el tronco y las ramas.

El principal problema de esta técnica era la calidad de las monedas obtenidas, apareciendo gránulos en la superficie de la moneda y burbujas de aire al enfriarse el metal. También los diseños tenían un menor detalle al hacerse difícil la total adhesión del metal a las más finas líneas del molde.

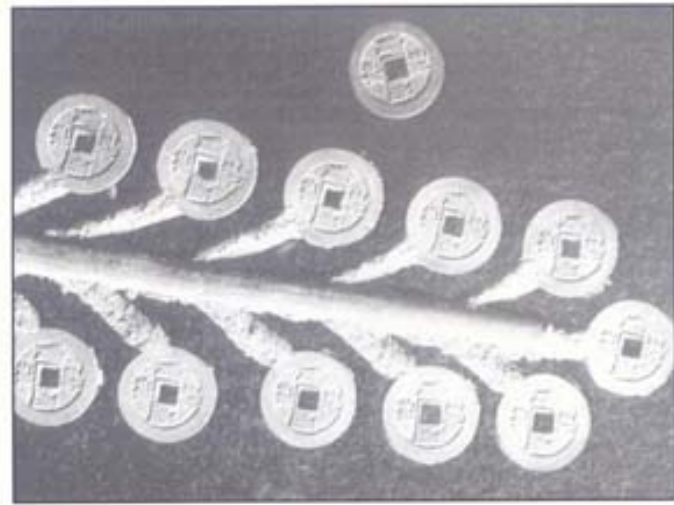


Ilustración 16 - Árbol de fundición de monedas Chinas llamadas 'Cash'



Ilustración 17 – Falues de Marruecos y sus moldes.

## 5. La edad Moderna (1500-1780)

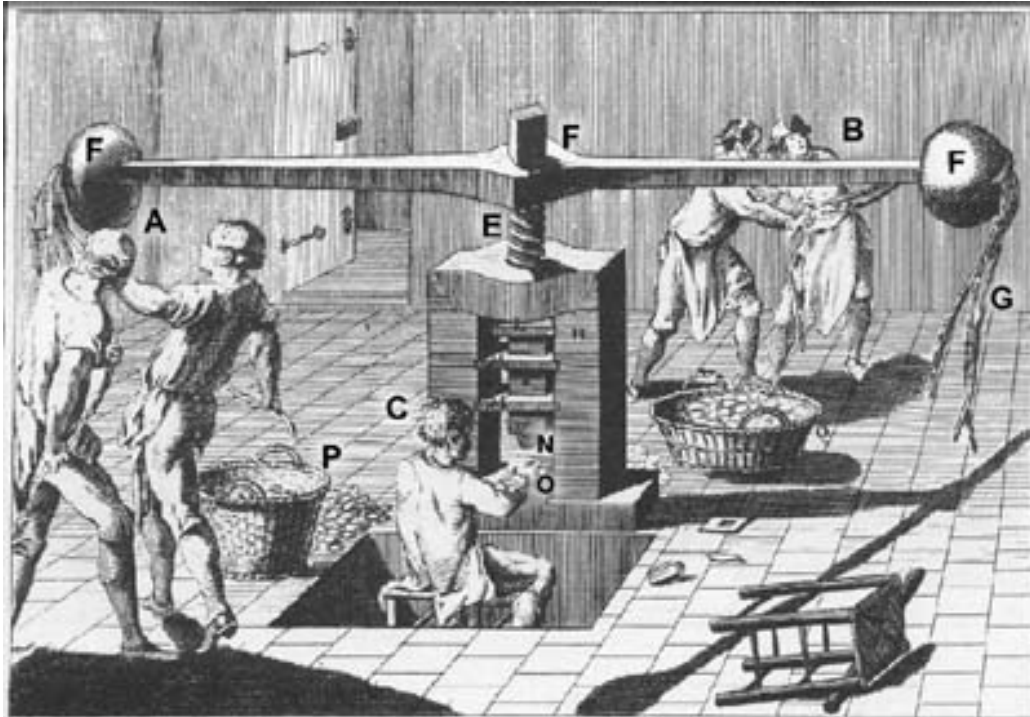
Durante el Renacimiento, la moneda se convirtió en el primer producto fabricado mecánicamente en serie, millones de piezas idénticas. Los pequeños talleres de la edad media se convirtieron en grandes Cecas mecanizadas. La primera de estas cecas tuvo lugar en Ausburgo en 1550.

### 5.1. La prensa Volante (1500-1780)

El primer volante fue inventado alrededor de 1508 por un artista florentino, Bramante, para acuñar medallas de plomo, que es uno de los metales más blandos y que no se endurece bajo la presión de los cuños. Treinta años más tarde, un compatriota suyo, escultor, joyero y artista, Benvenuto Cellini, acuñó monedas de oro para el Papa Clemente VII, con esta técnica y dejó una descripción completa de la prensa que construyó. Pero los primeros volantes no tenían la fuerza necesaria para acuñar más que pequeñas piezas.

En 1551, el rey francés Enrique II crea una nueva ceca en París, la maquinaria obra de ingeniero alemán de Ausburgo, Max Schwab, contaba de un molino movido por fuerza hidráulica capaz de crear tiras metálicas lisas y del grosor deseado, de una máquina manual de corte que agujereaba la tira cortando así los cospeles y de una prensa para acuñar. Schwab podía producir monedas perfectamente redondas lo que indica que usaba virola. Schwab fracasó en su intento de vender su maquinaria a cecas en Alemania e Italia. Tras años de oposición de los monederos franceses que seguían acuñando a martillo, por el 1641 la prensa volantes estaba finalmente en uso en la ceca de París. La misma oposición encontró por los monederos ingleses pero en 1652 ya estaba operativa la prensa volante en la RoyalMint.

Las prensas volantes estaban construidas en hierro forjado o bronce. El principal problema de estas prensas es que al acuñarse la moneda el impacto pudiese romper el troquel superior, para solucionar este problema se usaba un soporte rectangular en el que se ajustaba el troquel mediante cuñas y posteriormente mediante tornillos. Siendo característica la forma rectangular del troquel para este tipo de prensas. Otros problemas de este método de acuñación, es que eran necesarios al menos 4 trabajadores para girar el brazo debido a los contrapesos y el acuñador no era difícil que pudiese perder sus dedos.



**Ilustración 18 - Prensa de Volante**

En la imagen podemos ver el proceso de acuñación, los trabajadores A y B, tiran de unas cuerdas G, girando el brazo o balancín F que lleva unos contrapesos de plomo en sus extremos, que mueve hacia arriba el tornillo o husillo de hierro E. El acuñador C, ha puesto un cospel, tomado de la cesta P, en el troquel fijo O. Los trabajadores A y B sueltan las cuerdas y el husillo desciende rápidamente con el troquel móvil N en su extremo y acuña con su presión el cospel situado entre troqueles. Una vez acuñada la moneda los trabajadores A y B vuelven a tirar de las cuerdas moviendo el husillo hacia arriba y el trabajador C retira la moneda recién acuñada.



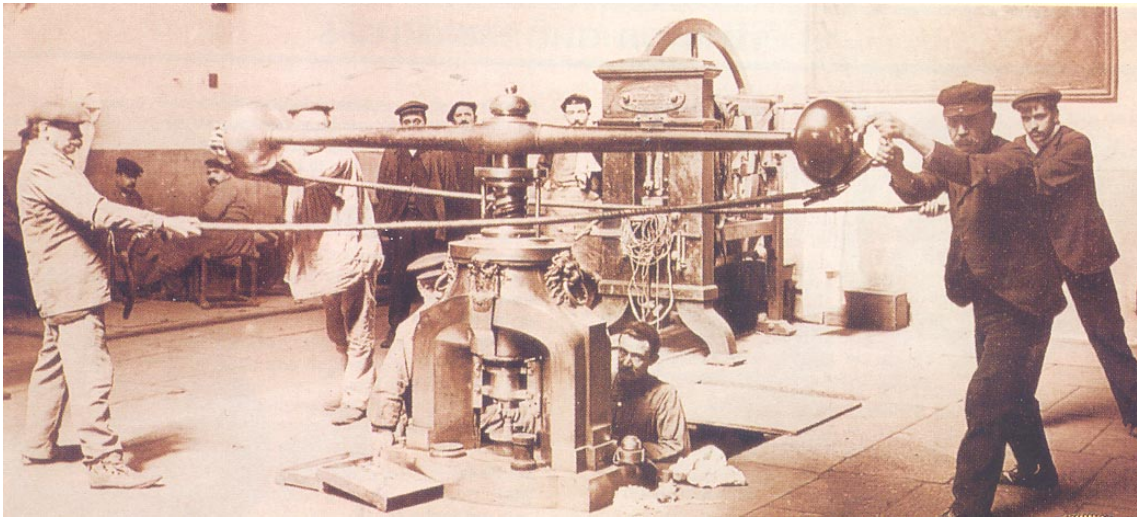
**Ilustración 19 - Troqueles de una moneda de Fernando VII de forma rectangular pertenecientes a una prensa volante**



A partir de mediados del siglo XVII la prensa volante se extendió rápidamente por Europa, no sin resistencia al cambio a una nueva tecnología por los trabajadores que practicaban la acuñación a martillo.

Felipe V introdujo este sistema en España, instalándolas en las Cecas de Madrid y Sevilla, hacia el año 1700 en Madrid, más de medio siglo después de su introducción en las Cecas de Londres y Francia, y en Segovia en 1772. Mientras que en México se dispone su uso por primera vez en el Nuevo Mundo en el año 1728, fabricándose 'columnarios' de plata y 'busto' en oro con fecha de 1732.

Desde finales del siglo XVII hasta finales del siglo XVIII hubo pocos cambios en las prensas volantes, a no ser que cada vez se acuñaban monedas y medallas de mayor módulo. A finales del siglo XVIII se dota a la prensa volante de alimentación de cospeles automática y la retirada también automática de las monedas recién acuñadas, aportación de los franceses Droz y Gengembre.

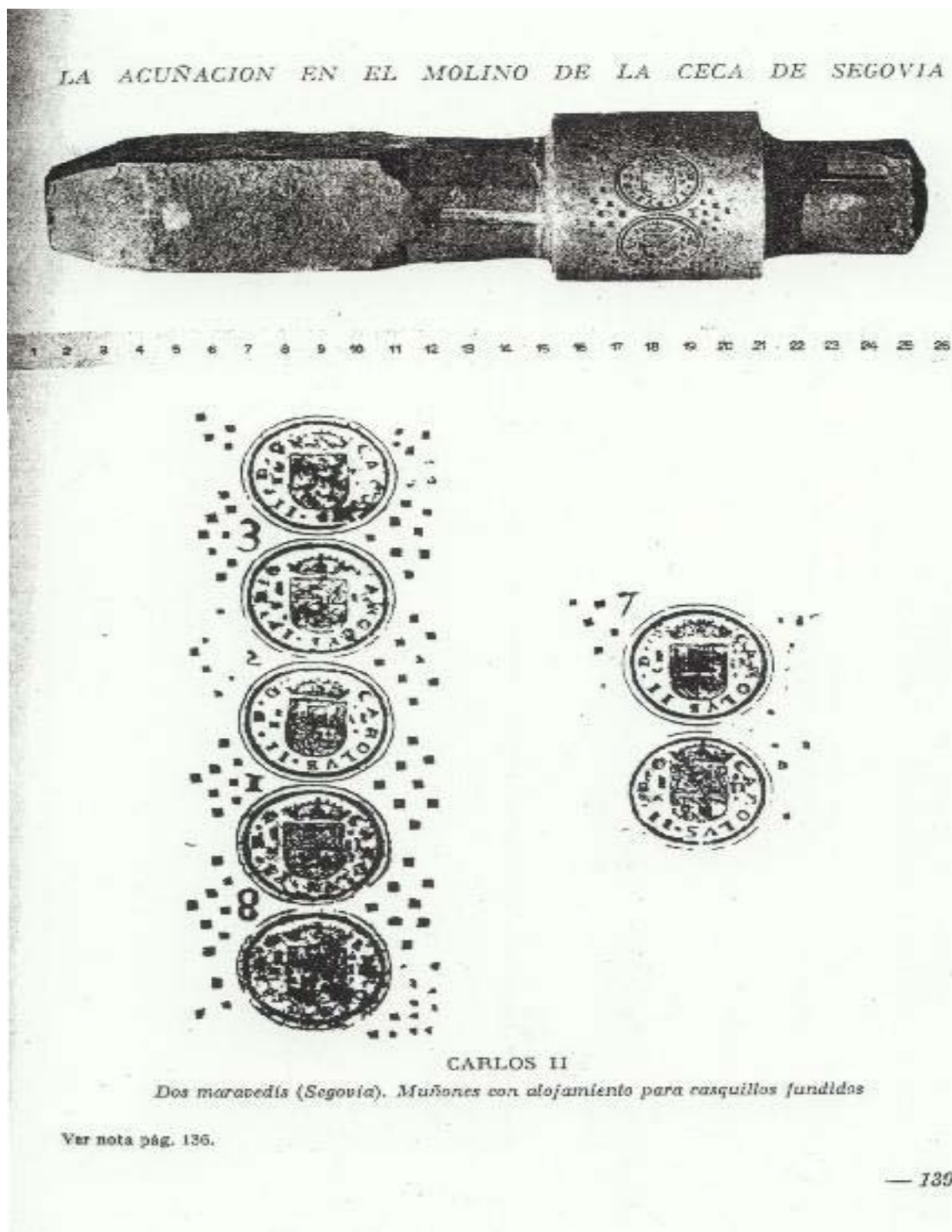


**Ilustración 20 – Prensa Volante, Madrid 1897. Seguramente usada para hincar troqueles. Al fondo una prensa de vapor.**



**Ilustración 21 – Prensa Volante del Siglo XVII usada en la Ceca de Navarra.**

## 5.2. Acuñaación a Molino (1500-1780)



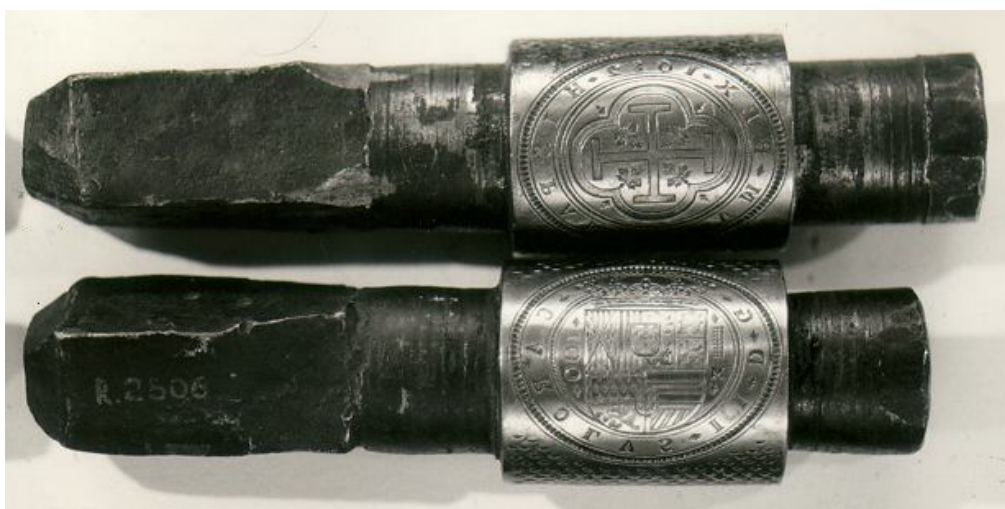
**Ilustración 22 - Troquel en forma de rodillo y sus improntas marcadas en un papel**

A principios del siglo XVI las prensas volantes no eran capaces de acuñar monedas de gran tamaño. A Comienzos del siglo XVI surge una nueva maquinaria para aplanar los rieles, mediante ruedas de molino, sin duda este método llegó a los trabajadores del metal y monederos del sur de Alemania y sería la base para la acuñación a molino, que supondría el abandono de la acuñación a martillo y la mecanización en 1550 de las casas de monedas alemanas.



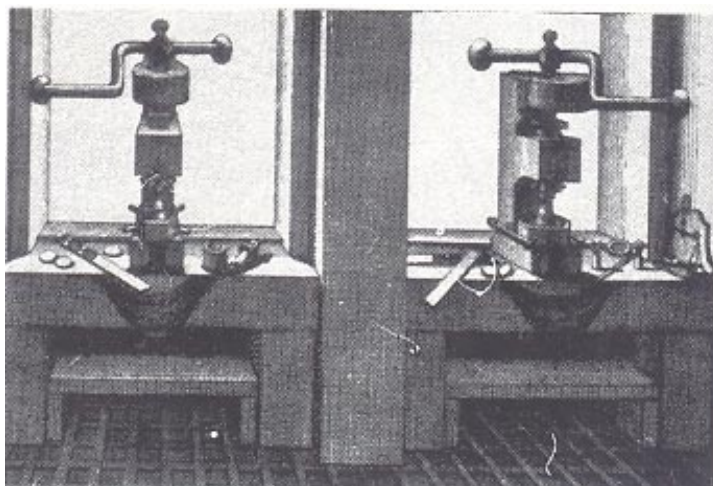
Debido a que en la acuñación a martillo se producían monedas irregulares o macuquinas que eran recortadas, cercenando o limando el metal de sus cantos y que en algunas cecas se practicaban fraudes y se descentraba la impronta para que no figurase en la moneda el ensayador y la fecha, Felipe II decide mecanizar la ceca de Segovia con el sistema de acuñación a Molino para mejorar la calidad de las monedas, produciendo monedas redondas, para evitar el fraude. En 1580 el Archiduque del Tirol regala un ingenio de acuñación a su primo Felipe II.

Por orden de Felipe II, el sistema de molinos fue instalado en Segovia en el año 1585 por ingenieros alemanes, convirtiéndose así en una de las primeras Cecas mecanizadas. La ceca estaba a orillas del río Eresma que movía los molinos y en 1586 se empieza a labrar moneda en la nueva ceca de Segovia. El rey, Felipe II ordenó regalar a los pobres las 100 primeras monedas acuñadas.



**Ilustración 23 – Cuños de rodillo de un Centen. Moneda gigante de 76mm y 11 onzas**

El ingenio de acuñación, consiste en de dos cilindros dispuestos uno encima del otro que llevan grabados en hueco los tipos anverso y reverso de las monedas, y entre las cuales se introduce una lámina de metal. Al girar los cilindros mediante molinos hidráulicos o por medio de mulas, quedan grabadas en la tira metálica o riel las improntas de la moneda y no queda más que recortarlas con tijeras o mediante una máquina cortadora como en la imagen. Una de las ventajas de la acuñación por Molino es que permitía acuñar monedas de mayor diámetro que con la acuñación a martillo, ya que la presión no se ejercía sobre todo el cospel sino sobre una parte de la lámina de metal.



**Ilustración 24 – Máquina para cortar las monedas, Segovia**

El sistema de molinos contaba también con prensas accionadas por ruedas hidráulicas o animales que laminaban y estiraban el riel previamente recocado para ablandarlo. Había que hacer varios pasos por el ingenio laminador hasta alcanzar el grosor adecuado y a cada paso el riel pasaba por el horno de recocho. Tras el último paso de estiramiento o aplanado del riel, se volvía a recocer en un horno y posteriormente se blanqueaba, calentándolo en un baño de agua y ácidos, para limpiarlo y devolverle su brillo natural antes de la ser acuñado por los cuños de rodillo.

Era muy importante que los dos cuños de rodillo estuvieran calibrados con exactitud, para que el anverso y el reverso coincidieran en la tira de metal. Cualquier error aumentaba la cantidad de cizalla o desperdicios, ya que las impresiones defectuosas eran inútiles y no eran recortadas. Con la acuñación a molino se solía producir un tercio de cizalla que luego sería fundida para producir nuevos rieles, con la consiguiente merma de metal al evaporarse en el crisol de fundición, y posteriormente los rieles había que recocerlos a cada paso por el laminador, lo que suponía un gasto de carbón y de mano de obra extra.

Este método de acuñación se abandono por producir piezas irregulares, era complejo que los cilindros estuviesen bien calibrados y las caras de la moneda fuesen coincidentes, también producía monedas curvas, es decir no perfectamente planas. También el troquel de forma cilíndrica tenía sus grabados ovalados para que en la amonedación al aplanarse el riel entre los cuños la impronta resultase redonda, y esto era difícil de conseguir y se producían improntas ligeramente ovaladas.

Otro problema era la tarea de grabado de los cuños cilíndricos que eran más costosos de realizar que los troqueles convencionales por la curvatura de estos. Además los cuños se gastaban rápidamente por su uso, lo que hacía que las monedas tuviesen un relieve poco marcado.

En 1609 llegó a Segovia el grabador Diego de Astor que sería el artífice de las monedas gigantes, de gran diámetro, como los cincuentines de plata -50 reales- y 160 gamos de peso y los centenes de oro -100 escudos- de casi 360 gramos. Estas monedas gigantes no eran destinadas al comercio, sino que eran regaladas a Reyes o personalidades.



Ilustración 25 - Cincuentín subastado en Londres en 1987, alcanzando 52.000 libras.

Una vez que las prensas volantes fueron capaces de acuñar monedas grandes este método se abandono debido a su operación defectuosa. Ninguna Ceca española de ultramar llego a adoptar este sistema de acuñación a Molino, ya que cuando por la Ordenanza de 1730 se manda mecanizar todas las cecas, ya estaba en uso la Prensa Volante en tiempos de Felipe V. En 1772, Carlos III ordenó acuñar en Segovia con prensas volantes, los ingenios sólo se usarían para laminar el metal, acabando así con la acuñación a Molino empezada en 1586.

### 5.3. Otras prensas y elaboración de troqueles

(1500-1780)

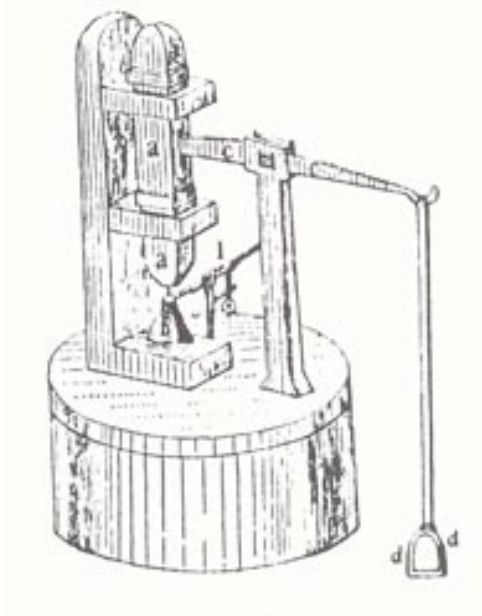


Ilustración 26 – Prensa de Martillo

En el norte de Alemania y Suecia existen datos de una prensa de martillo simple. Con esta máquina el troquel superior era conducido por una pieza que lo sujetaba entre unas guías. La pieza que sujetaba el troquel superior podía ser golpeada por un martillo produciéndose así la amonedación. El troquel inferior descansaba sobre la base de la prensa con armazón en forma de 'L'. El troquel superior podía ser levantado después de la acuñación al tirar de una anilla que accionaba una palanca y así el monedero podía retirar manualmente la moneda acuñada y situar el siguiente cospel.

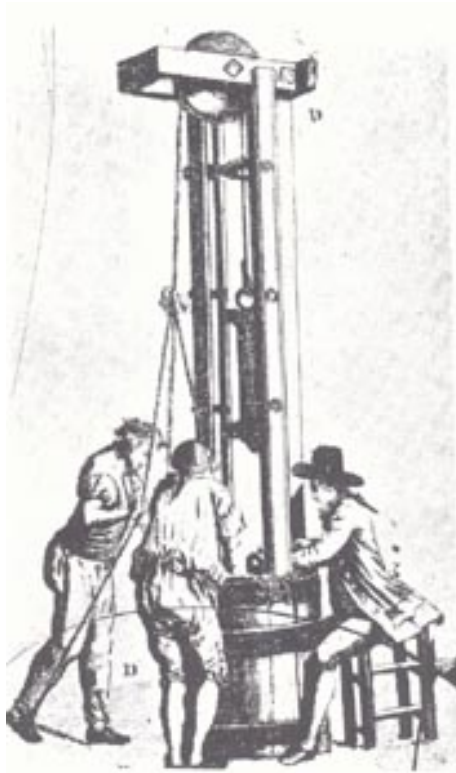


Ilustración 27 – Prensa de Caída Libre

Otra prensa de esta época fue la prensa de caída que usaba un peso que caía libremente, su mecanismo era similar al de una guillotina. Esta prensa se usó en algunos lugares, especialmente en Rusia y consistía en un peso, generalmente de 50kg., que llevaba fijado el troquel, se levantaba y se dejaba caer desde lo alto. El troquel inferior descansaba en la base de la prensa. La producción no podía ser elevada, unas 10-15 piezas minuto, y la correcta alineación de los cuños sería difícil.



A partir del siglo XVI todos los troqueles de las cecas europeas eran de hierro recubiertos de acero en la cara por la que se grababa el relieve de la moneda, pero poco se sabe de su fabricación. Debemos acudir a Cellini que describió el proceso de fabricación de los troqueles y grabado en sus tratados. Según Cellini se necesitaban dos piezas de acero, la pila (troquel fijo) y el torsello (troquel superior o móvil). La pila tenía forma de yunquecillo y el torsello era una barra de unos cinco centímetros de longitud. Ambos eran puestos al fuego durante horas para ablandarlos y darle a la punta del troquel el tamaño de la cara de la moneda. Después la cara del troquel se pulía con una piedra hasta que quedase liso y posteriormente era grabado con herramientas de acero cortante muy finas.

Acuñar en virolas no se extendería hasta casi el final del siglo XVIII, así que los troqueles no tenían cuellos para ajustar la virola. A la mitad de ese siglo el grabado se empieza a realizar con elaborados punzones. Estos punzones con relieve hacia fuera podían incluir retratos completos con los que se hacían impresiones en negativo, hacia dentro, en el troquel mediante prensas volantes. Las leyendas u ornamentos que rodeaban a la impresión principal eran grabados a mano o mediante otros punzones más simples con fechas, inscripciones y otros elementos decorativos.



**Ilustración 28 – Punzón del del retrato de Fernando VII**

## **5.4. Preparación del riel (1500-1780)**

Los métodos de creación del riel eran similares en toda Europa. Por el siglo XVI se introdujeron bancos de 2 o mas hornos, y los hornos simples tenían un horno de precalentamiento en la que la siguiente carga era calentada mientras la primera estaba fundiéndose. En todos los casos el combustible era el carbón. Se usaban fuelles para avivar las llamas ya fuesen operados manualmente o por molinos accionados por el agua o mulas.

El metal era fundido contenido en crisoles, hechos de arcilla para el oro y de hierro forjado para la plata y el cobre. Se ponía gran cuidado en que no se evaporase el oro fundido y los crisoles eran tapados con una tapa de arcilla. La plata y el cobre fundidos en crisoles cubiertos con carbón para prevenir tanto la oxidación como la absorción de gases de la atmósfera.



**Ilustración 29 – Horno con dos crisoles para fundir plata**

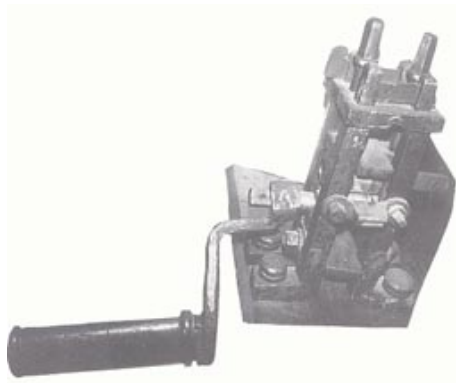
Los moldes para formar los lingotes sólidos, de los que se obtendrían los rieles, estaban hechos de una mezcla de arena, y agua o cerveza para darles consistencia, y así poder darle forma de caja. Una larga barra de hierro del tamaño de un lingote hacía agujeros en la caja de arena endurecida por los que se vertería el metal fundido, y al enfriarse este se obtendrían los lingotes. El Jefe de la Ceca inspeccionaba el metal que se vertía en los moldes y de vez en cuando se tomaban muestras para ensayo.

A finales del siglo XVI los moldes ya no eran de arena sino que se empezó a usar hierro. Los lingotes formados en moldes de hierro estaban limpios y eran rectangulares, siendo así mucho más fáciles de laminar al grosor adecuado. Para prevenir que el metal fundido se adhiriese al molde de hierro, este era cubierto de aceite, o una pasta de arcilla y aceite. En el momento en el que el metal se vertía, este quemaba el aceite y prevenía del oxido, además de crear una capa aislante para los gases.

En la mitad del siglo XVI surgieron las máquinas laminadoras para rieles. El primer dato de su uso procede de la Monnaie du Moulin en París en 1551, y fue una de las máquinas suministradas por Max Schwab de Ausbusgo. Esta máquina laminadora estaba accionada por la fuerza hidráulica y diseñada para crear rieles de grosor adecuado para la creación posterior de los cospeles.

La tira metálica o riel debía ser recocida para ablandarla, por lo menos una vez antes de su última laminación. Para ello era puesto en un horno de carbón a fuego lento que proporcionaban una temperatura controlada y evitaban la oxidación.

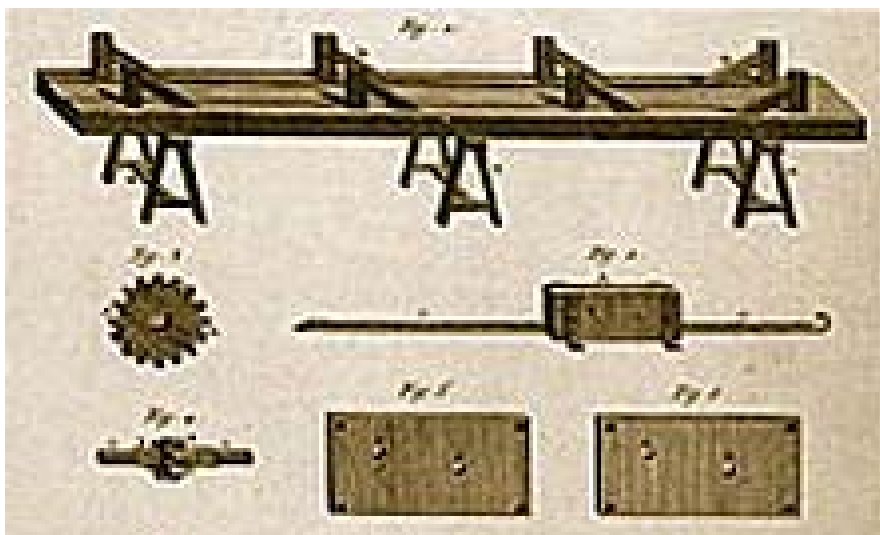




**Ilustración 30 – Máquina laminadora de acción manual**

Es importante resaltar que rara vez había alguna operación de limpieza del riel después del recocido. También hay que decir que no había elementos de medida apropiados para determinar el grosor de los rieles, y era normal que se cortasen cospeles de prueba para determinar si el peso y grosor correctos habían sido alcanzados.

También se usaba otro artilugio llamado hilera. La hilera consistía en una plancha de hierro montada sobre un banco de madera y provista de varias ranuras, cada una de menor dimensión que la anterior, hasta alcanzar el último la anchura exacta del grosor que iba a tener la moneda. Un par de ruedas movían una barra de bronce. El mecanismo, completado con una tenaza de tracción, estiraba el riel y lo estrechaba, haciéndolo pasar por las mencionadas ranuras. El paso del riel por la hilera se efectuaba después de su último paso por el ingenio de laminación, a veces siendo necesario pasarlo hasta dos o más veces. El riel debía estar recién recocido y engrasado para evitar su posible fractura o agrietamiento. La hilera se solía utilizar sólo cuando se acuñaba a volante.



**Ilustración 31 – Boceto partes de una Hilera**

## 5.5. Preparación de los cospeles (1500-1780)

Al principio las tijeras se seguían usando para los cospeles mayores. El riel se cortaba en cuadrados iguales al módulo de la moneda y estos en octógonos, que a su vez eran cortados y golpeados hasta dar al cospel una forma redonda.

Leonardo Da Vinci sugirió un cortador circular que hubiese podido ser usado para cortar cospeles, pero sólo hubiese sido posible su uso para cortar tiras metálicas muy finas.

Después los principios de la prensa de volante se usaron para cortar los cospeles al principio pequeños, y más tarde añadiendo pesos, al modo de los pesos en los brazos de las prensas volantes, se pudieron cortar cospeles mayores de una tira metálica.

Un invento del español Miguel de la Cerda a finales del siglo XVI, fueron unas tijeras capaces de cortar barras cilíndricas de metal y así obtener los cospeles con la mejora de reducir la cizalla al máximo. Pero esto no ayudaba a que la moneda fuese mas redonda.



Ilustración 32 - Máquina de Castaign o Cerrilla

Intentando satisfacer la demanda de métodos de fabricar monedas que previniesen el abuso del cercenamiento era necesario una moneda con el canto bien acuñado. Los métodos de grabar el canto con una virola fracasaron y sólo quedó la opción de grabar los cantos haciendo girar la moneda por los cantos y acuñarla entre dos barras que hacían de cuños. Nació así la moneda con cordoncillo.

La primera de estas máquinas capaces de crear un cordoncillo al canto que quedaba grabado con estrellas o rayas paralelas, fue la cerrilla, inventada en Inglaterra cerca de 1685, y perfeccionada por un ingeniero francés llamado Castaing, quien personalmente la introdujo en las Cecas de Madrid y Segovia en 1707. Posteriormente Felipe V ordenó usar la cerrilla en la acuñación de toda la moneda española de plata y oro a partir de

1728, y de cobre a partir de 1772. También Felipe V perfeccionó la acuñación ordenando el uso de volantes. En América la cerilla llegaría en 1752 a la ceca de Lima.

Esta máquina redondeaba y creaba el cordoncillo del canto, impidiendo así su cercenamiento, y creaba el listel de los cospeles que facilita el apilamientos de las monedas y evita el desgaste de sus caras. El mecanismo giraba el cospel 180° entre dos troqueles en forma de barra, uno móvil accionado por una manivela y otro fijo, grabando cada troquel la mitad de las inscripciones u ornamentos.

El recocido de los cospeles fue siempre necesario para ablandarlos después de que fuesen cortados del riel y así facilitar la acuñación. No se podía cortar de un riel recién recocido el cospel con la máquina cortadora de cospeles, pues esto distorsionaría los cantos del cospel. Algunas cecas preferían usar la cerilla antes del recocido del cospel y otras después. Los cospeles de oro y plata eran recocidos en cajas de hierro tapadas con arcilla para minimizar la oxidación. Los cospeles se decoloraban en cierto grado, perdiendo su lustre los cospeles de cobre y plata.

Después se procedía a la limpieza o blanquimiento de los cospeles. Los cospeles eran sumergidos en una solución de ácido tartárico, usado para producir vino, y un poco de ácido sulfúrico. Se calentaban los cospeles y el licor, y se removían en barriles. Posteriormente los cospeles eran secados en bolsas de trapo o en bandejas, llenas de serrín.

## 6. La Edad Contemporanea, (1780-1945)

### 6.1. Prensas de Vapor (1780-1945)

La fuerza del vapor revolucionó la maquinaria empleada para acuñar moneda. La primera prensa automática accionada por el vapor se instala en una fábrica del Soho de Birmingham por Matthew Boulton y su compañero James Watt, famoso por el diseño de la máquina de vapor, que unirían sus fuerzas para construir y vender muchos tipos de máquinas, no solo prensas monetarias. Esta primera prensa sirvió para acuñar tokens o fichas de cobre que sustituirían en Birmingham a la moneda de poco valor nominal, que era escasa y muchas veces falsificada. La prensa de Boulton, patentada en 1790, se basaba en la prensa volante donde la fuerza del vapor giraba los brazos que accionaban el husillo, y estaba dotada de alimentación de cospeles automática y retirada automática de la moneda acuñada.

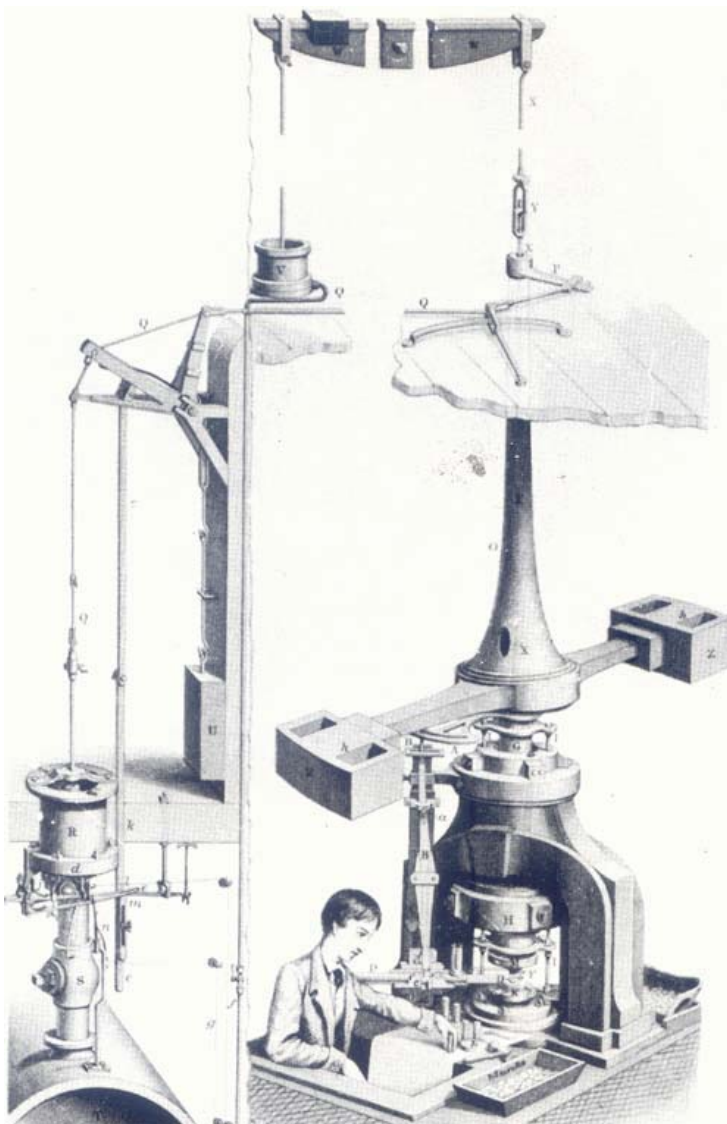


Ilustración 33 – Prensa de Boulton

Las prensas Boulton fueron instaladas en 1812 en la nueva Ceca londinense de Tower Hill, posteriormente varios Cecas en Portugal, Rusia, Dinamarca, México, etc., compraron las prensas de Boulton y Watt. En total unas 75 prensas Boulton fueron suministradas a diversas Cecas. Esta primera prensa redujo los costes laborales, no haciendo necesario el empleo de trabajadores para mover los brazos de la prensa de volante, pero en su defecto, era muy grande, ruidosa y poco manejable.

Dietrich Uhlhorn (1764-1837), ingeniero alemán y autodidacta, inventa hacia 1812 la prensa monetaria que lleva su nombre que introduce las prensas knuckle joint ó unión de nudillo como estándar a seguir durante más de 100 años. Esta máquina sustituye la presión hecha por el husillo de la prensa de volante por la ejercida por una palanca. La prensa sufriría posteriores modificaciones por Uhlhorn y fue patentada en 1817. Sus prensas se mantuvieron básicamente sin modificaciones durante los siguientes 100 años y era capaz de acuñar unas 90 monedas por minuto, de cualquier diámetro y con cualquier estriado o inscripción en el canto. La prensa Uhlhorn fue predominante en el mercado con más de 200 prensas fueron hechas por la empresa de Uhlhorn y más de 350 por empresas bajo licencia.



**Ilustración 34 - Prensa Uhlhorn accionada por el vapor**

En 1833, el método Uhlhorn es mejorado por Thonnelier quien había trabajado con anterioridad junto a él y usando la presión ejercida por el mecanismo knuckel añade un nuevo sistema de alimentación de cospeles y retirada de monedas. Thonnelier no tenía fábrica y sus diseños en papel eran fabricados por otras compañías o cecas. Una de las primeras compañías en copiar las mejoras de Thonnelier fue James Watt & Company, regentada por el hijo de James Watt y en Barcelona por la Maquinista Terrestre y Marítima en 1841. Por la mitad del siglo XIX surgen varias compañías que implementan las ideas básicas de los bocetos de Thonnelier. Taylor que trabajó con Thonnelier funda la británica Taylor & Challen. En EEUU la primera prensa Thonnelier fue rediseñada y construida por Peale ingeniero de la Ceca de Philadelphia en 1836, siendo sus ideas la base de las prensas que posteriormente realizasen las compañías Morgan Orr y Bliss de EEUU. La prensa Thonnelier estuvo unos 100 años en servicio en la FNMT con las debidas correcciones.

A comienzos del siglo XX, la firma alemana Schuler comienza la fabricación de prensas monetarias con algunas mejoras al mecanismo Knuckle y el viejo sistema de alimentación de Uhlhorn. Schuler inventó la prensa horizontal con los troqueles montados en un eje horizontal y los cospeles alimentados por la fuerza de la gravedad, en lugar de prensas verticales con los troqueles sobre un eje vertical moviéndose arriba y abajo y alimentando cospeles horizontalmente. Schuler también es artífice de otras ideas que perduran actualmente, como el indexado de cospeles entre los troqueles mediante un disco giratorio de alimentación, así como la acuñación múltiple para monedas en calidad Proof.

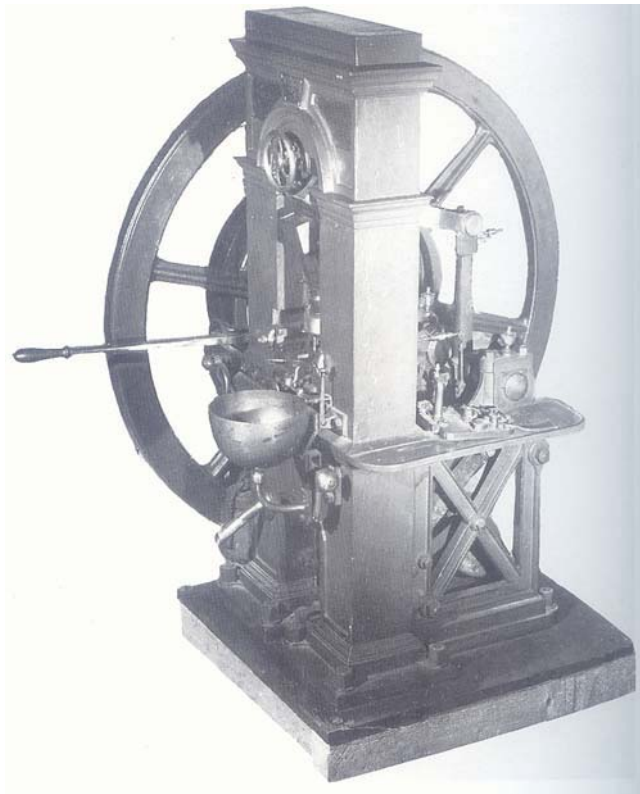


Ilustración 35 – Prensa Thonnelier

Tanto en la prensa Uhlhorn, como en la rectificación de Thonnelier, el mecanismo que accionaba el troquel superior consistía en 3 enlaces: la 'palanca de balanceo', la columna y la 'palanca martillo'. Estando el troquel fijado por la cara inferior a la palanca martillo.

El operario de la prensa Uhlhorn tenía que manejar un volante, movido por la fuerza del vapor, que debía girar a la suficiente velocidad y engranar un embrague. Había largas palancas que salían del fondo a la parte delantera de la prensa para estas funciones.

En la foto vemos el volante en el lateral de la prensa y una larga palanca que controlaba su velocidad.



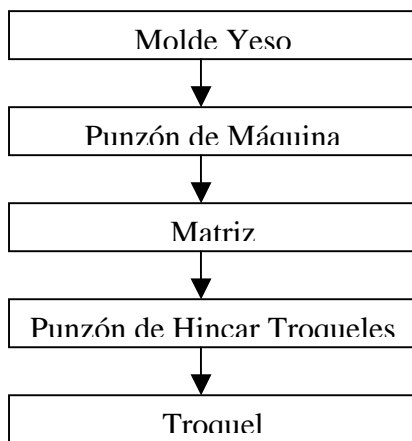
Ilustración 36 – Prensa Taylor, Madrid.



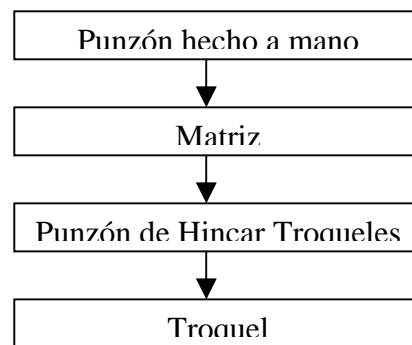
## 6.2. Fabricación de Troqueles y herramientas asociadas (1780-1945)

### 6.2.1. Troqueles (1780-1945)

(1) Troqueles usando el pantógrafo



(2) Matrices grabadas a mano



Allí donde la revolución industrial llegaba, más y más monedas se necesitaban. Para hacer estas monedas los troqueles debían ser grabados a mano y esa técnica no podía abastecer la nueva demanda de monedas.

Aparece un nuevo material más resistente para la elaboración de los troqueles idea de Huntsman, siendo usado hasta hace pocas décadas. Este nuevo material esta compuesto por acero con alrededor de un 1% de carbono, ablandándolo cuando este era recocido y extremadamente duro cuando se calentaba y rápidamente se enfriaba.

El problema de la laboriosa fabricación a mano de troqueles se soluciona con el uso de una matriz o troquel maestro, del que se crean por prensado una copia en positivo, relieve hacia fuera, llamado punzón de hincar troqueles y de este mediante una prensa se imprimía su diseño en una punta de acero, dando lugar al troquel en negativo, que después del mecanizado, mediante un torno para darle la forma del útil de la prensa, quedaba listo para acuñar moneda.

Cada troquel era capaz de acuñar unas 25 mil – 50 mil monedas. Y ahora el poder de multiplicación es enorme, pues con un par de punzones de hincar troqueles se pueden crear varios cientos de troqueles capaces de acuñar miles de monedas.

La consistencia de un mismo diseño en una moneda ahora se podría lograr con facilidad, solo hacia falta quitar la fecha en un punzón de hincar troqueles y por prensado obtener una nueva matriz en la que se grababa la fecha.

El proceso de hincado, mediante una prensa volante, por el que se creaban los punzones de hincar troqueles y los troqueles necesitaba más presión que la ejercida por los troqueles en la acuñadora, de 2 a 3 veces más presión. Además cuanto mayor era el módulo de la moneda mas prensados o hincados eran necesarios, siendo solo suficiente un prensado para pequeños troqueles.



**Ilustración 37 – Grabador usando maceta y buril**

### **6.2.2. Pantógrafos (1780-1945)**

El grabado de la matriz era un trabajo lento y costoso y era más fácil que existiesen diferencias de diseño en las monedas de diferente valores que compartían un mismo diseño. La solución recaía en maquinas copiadoras de diseños, que a partir de un modelo, llamado molde, fuesen capaces de reproducirlo a un tamaño menor, igual al tamaño final de la moneda.

El pantógrafo tenía un puntero que recorría el molde y lo reproducía, mediante una herramienta de corte, en una pieza de acero del tamaño final de la moneda, que se llamaba punzón de máquina y a partir de este se obtenía la matriz por hincado.

Al aparecer los pantógrafos con herramienta de corte rotante se necesitaba menos presión para reproducir el punzón de máquina y también menos presión era ejercida por el puntero en el molde, lo que permitió que los moldes pudiesen ser menos duros, empleándose por ejemplo moldes de cera endurecidos por una capa de metal depositada por electrolisis.

Para hacer la reducción el puntero comienza por el centro del molde, y es necesario que la velocidad a la que rota el puntero en el centro fuese mayor a la de la periferia. Fue Janvier el primero en crear un pantógrafo de estas características a mediados del siglo XIX.

Cuando las herramientas de corte se fueron haciendo más finas, capaces de hacer cortes de 0.25 mm de precisión ya se pudieron usar moldes de yeso como en la foto.



**Ilustración 38 – (A) Punta de acero, (B) troquel hincado, (C) troquel mecanizado listo para instalar en la acuñadora.**



**Ilustración 39 - Moldes de yeso, troqueles, herramientas de grabado**

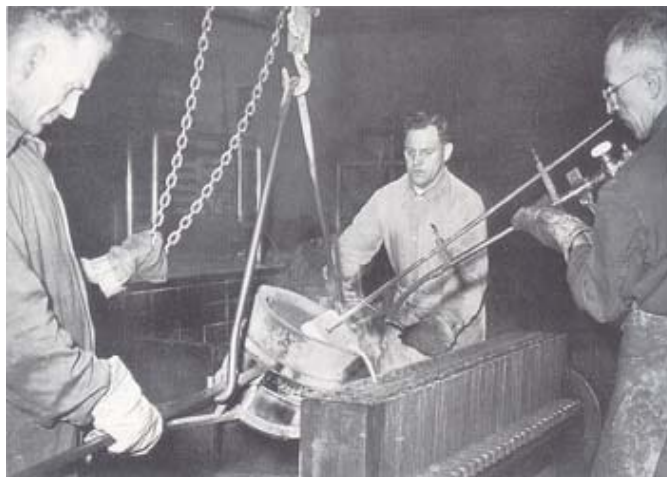
### **6.2.3. La Virola o Troquel de Canto (1780-1945)**

La virola es una pieza de acero que contiene al cospel en el momento de la acuñación y hace que la moneda sea perfectamente redonda.

Existen 2 tipos de virolas, la virola sin segmentar que permite dar forma estriada o lisa al canto, según su relieve. Y la ‘Virole brisé’ o virola segmentada, formada por 3 segmentos que permite acuñar leyendas y motivos en el canto de la moneda. Con su uso y con un golpe del troquel móvil quedan acuñadas ambas caras y el canto.

## **6.3. Preparación del riel (1780-1945)**

Primero mediante carbón y más tarde gas ciudad y gasolina, el metal contenido en crisoles era fundido para después verterlo en moldes y así obtener lingotes sólidos.



**Ilustración 40 – El metal fundido se vertía en moldes en forma de lingotes**

El lingote no tenía aún un grosor adecuado para poder obtener los cospeles, y necesitaba pasar por la laminadora, en el que los lingotes pasaban entre unas ruedas que prensaban la tira metálica, estirándola hasta obtener el grosor requerido. Cuando el riel se endurecía era necesario un recocido del mismo para volver a laminarlo. Si el riel se hacía muy largo este se cortaba en trozos menores.

Una vez obtenido el riel con un grosor igual a los cospeles a conseguir este se recocía en hornos para ablandarlo internamente y así poder trabajar más fácilmente con el. Se necesitaba una gran protección contra la oxidación que podía surgir en el proceso de recocido y los rieles eran metidos en el horno cajas selladas y los rieles de plata y cobre en carros de hierro con una tapa también de hierro.



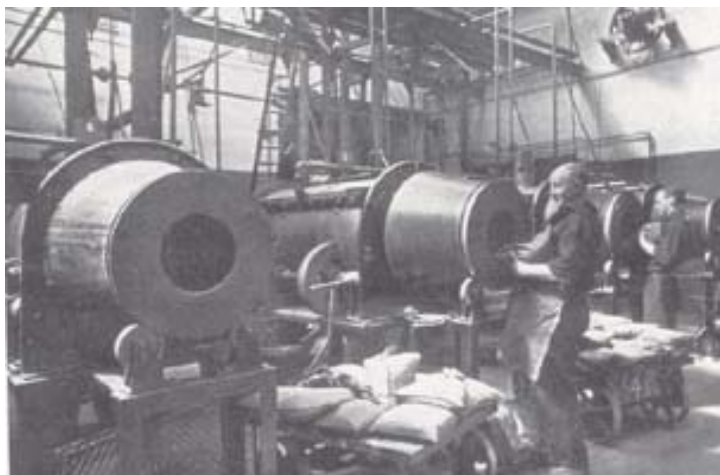
**Ilustración 41 – Laminadora de rieles**

## **6.4. Fabricación de los cospeles (1780-1945)**

Apareció la primera maquinaria automática para agujerear el riel y obtener los cospeles, estas máquinas eran alimentadas manualmente, y el operario tenía que mover hacia delante la tira metálica al ritmo de la máquina.

Los cospeles recién cortados pasaban entonces por la torculadora que creaba el listel, que entre otras cosas favorecía la acuñación del canto de la moneda. La torculadora estaba formada por un conducto por el que pasaba el cospel y mientras este giraba era presionado en su canto, levantándolo y creando su listel.

Después el cospel debía ser recocido para ablandarlo, eliminando tensiones internas para facilitar su acuñación. Aparecieron, a principios del siglo XX, hornos rotatorios de recocido para cospeles como en la siguiente ilustración.



**Ilustración 42 – Hornos rotatorios de recocido**

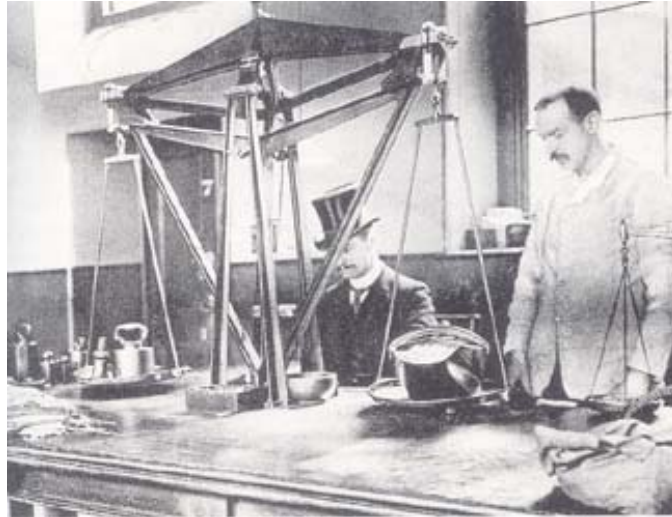
Al recocido de los cospeles les seguía su lavado, ya que en el recocido se formaba óxido en los cospeles y estos tenían que ser limpiados, primero en una solución química y después con un baño de agua y jabón que dejaba su superficie brillante. Posteriormente eran secados, al principio se usaban bandejas con serrín caliente y años más tarde máquinas de secado.

## **6.5. Control del metal (1780-1945)**

La nueva demanda de monedas de este periodo (1870-1945) requería procesar grandes cantidades de oro y plata. Se producían pérdidas al evaporarse metal en los hornos, al verter el metal fundido en los moldes de los lingotes, al limpiar con agentes químicos los cospeles para abrillantarlos. Las pérdidas podían ser elevadas y eran necesarios métodos de peso y cuenta que permitiesen mantener un registro y hacer un control de los metales.

Los cospeles de metales no valiosos se pesaban en lotes y se podían realizar ajustes en su peso al hacer un mayor o menor tratamiento químico al proceder a su limpieza. En cambio los cospeles de oro y plata eran pesados de uno en uno, y cuando un cospel excedía el peso estándar este era manipulado, quitándole metal para que su peso fuese correcto.





**Ilustración 43 – Juez de balanza, pesando Bullion**

En 1850 aparecen las balanzas automáticas que podían comparar el peso de los cospeles de oro y plata con un peso estándar, y ordenarlos por peso menor, igual, o mayor al estándar. Lo que facilitó enormemente la tarea de pesado.

En la inspección de las monedas recién acuñadas se realizaba un examen visual para detectar monedas defectuosas y también se golpeaba la moneda contra un bloque de acero para comprobar su sonido.

La cuenta de las monedas se realizaba colocando las monedas en tableros con un cierto número de agujeros de cierto tamaño. A finales del siglo XIX aparecieron las máquinas contadoras.

## 7. Fabricación actual FNMT RCM

### 7.1. Historia de la FNMT RCM

Debemos retroceder a la Edad Media para encontrar la primera referencia de la Ceca de Madrid, origen de la actual Fábrica Nacional de Moneda y Timbre - Real Casa de la Moneda. Las primeras monedas con la marca de ceca M datan del reinado de Enrique IV a mediados del siglo XV, aunque no atestiguan el establecimiento fijo de una ceca en la capital, y bien podían provenir de cualquiera de los 150 talleres monetales de aquella época.

En 1614 Felipe III otorga el privilegio de acuñar moneda al Duque de Uceda, y se establece la ceca de Madrid en la calle Segovia y en 1618 se fabrican las primeras monedas a martillo con marca de ceca MD.

En 1718 la ceca fue incautada y se incorporo a la corona, en aquel tiempo disponía de molinos movidos por caballería, no movidos por agua como en Segovia, para laminar las tiras metálicas y de prensas volantes para labrar la monedas. En 1730, se producen mejoras, se empezó a acordonar el canto de las monedas, y los hornos de fundición que se ventilaban con fuelles, que necesitaban la fuerza de 8 hombres, pasan a ser accionados por caballos.

En 1804, durante el reinado de Carlos IV, se compran al suizo Droz, volantes con virola partida y alimentación automática de cospeles. Pero no fueron usadas hasta 1833 para inscribir leyendas en el canto y la alimentación automática nunca fue posible al no usarse máquinas de vapor. Se creó también en 1804 el Departamento de Grabado destinado a instruir a los grabadores de España y de las Indias en la multiplicación de los troqueles e implantar la prensa de Droz a toda la producción.

En 1861, se abandona la ruinoso casa de Segovia y la Reina Isabel II inaugura la fábrica situada en la Plaza de Colón, construyéndose después un palacio de librerías y museos que fue uno de los símbolos del Madrid de finales del siglo XIX.

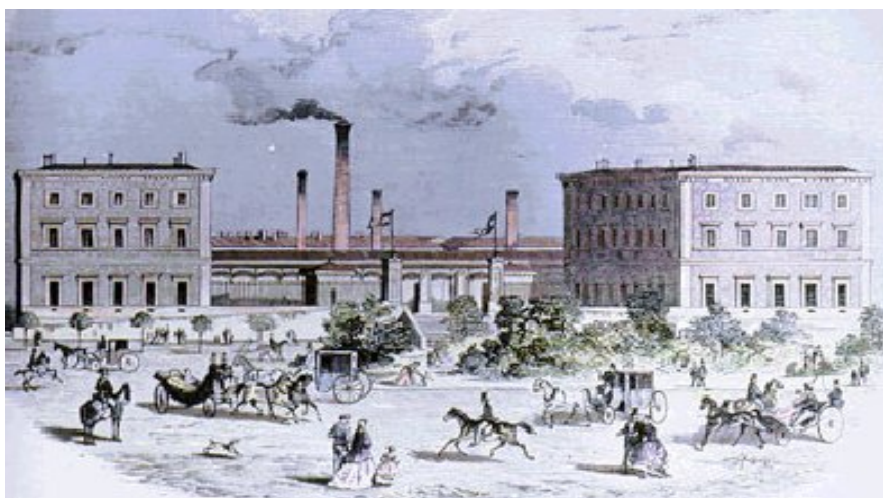
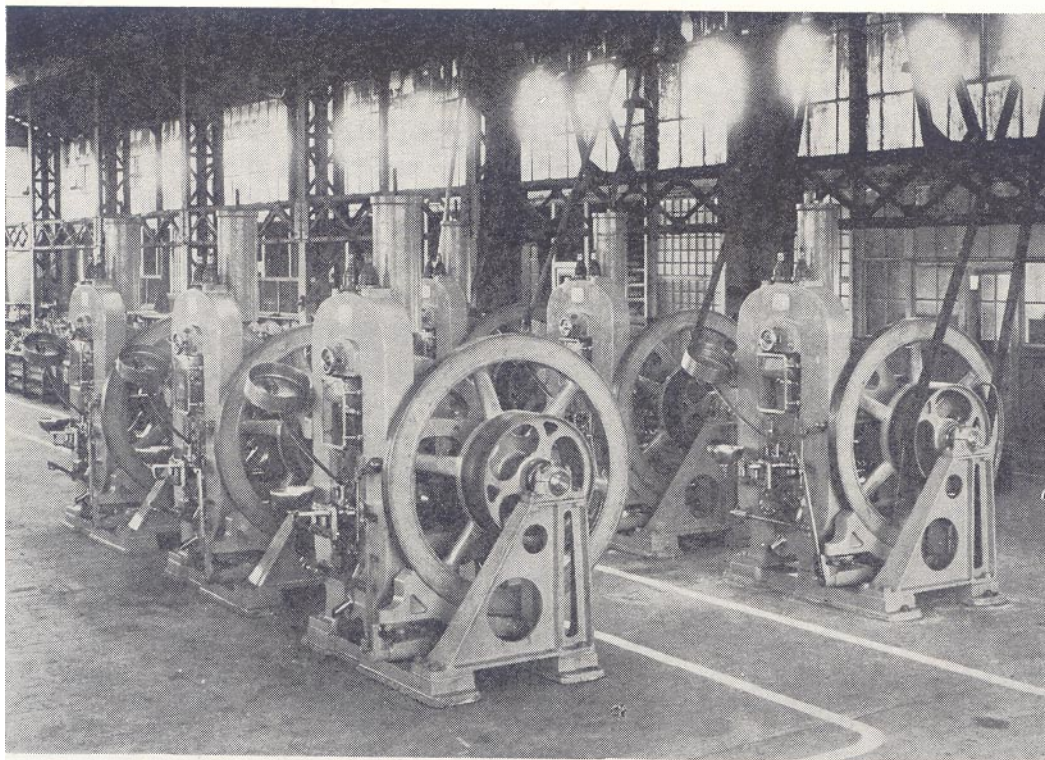


Ilustración 44 – Grabado de 1865 de la Ceca de Madrid situada en la plaza de Colón

En 1862 se compraron balanzas automáticas al Ingeniero Napier, en Londres, que permitía el pesaje automático. En 1864 se contrata a la 'La Maquinista Terrestre y Marítima' de Barcelona para la construcción de maquinaria entre las que destacan 5 prensas Thonnelier, movidas por una máquina de vapor de 25 CV, y en 1867 la instalación se completa y se cuenta con la máquinas mas modernas de la época y cuyo funcionamiento durante una centuria dio lugar a las monedas cuya factura se puede comparar con las mejores de la época.



**Ilustración 45 – Prensas Taylor construidas en la antigua Sociedad de Construcción Naval**

Hasta 1868 en España había varias casas de moneda o Cecas, las de Sevilla, Segovia, Barcelona, Madrid que daban servicio a todo el territorio nacional. Cada fabrica tenía su propia marca de ceca que consistía en una estrella con un número de puntas particular. En 1869 el Gobierno Provisional decide cerrar las casas de moneda y centralizar toda la producción existente en la de Madrid.

El edificio era compartido con la fábrica de sellos, aunque cada organización era diferente, hasta que en 1893, la Reina Regente María Cristina, fusiona ambas fábricas bajo el nombre de Fábrica Nacional de Moneda y Timbre

El aumento continuado de la demanda de trabajo y la obsolescencia de la fábrica de la Plaza de Colón creó la necesidad de construir un nuevo edificio para albergar la actual fábrica rodeada por las calles: Jorge Juan, Duque Sesto y Maiquez. En 1970 era inaugurado el nuevo edificio de la FNMT en la calle Jorge Juan.

El 25 de Junio de 1999, la Fábrica Nacional de Moneda y Timbre (F.N.M.T.) pasa a denominarse Fábrica Nacional de Moneda y Timbre – Real Casa de la Moneda (FNMT - RCM) que además de emitir monedas, medallas y sellos, también es la encargada de fabricar documentos como el DNI, pasaporte, lotería, boletos de juego y



un largo etcétera. La FNMT RCM también acuña moneda de otros países, habiendo tenido pedidos de producción de monedas de Bangladés, Bolivia, etc. Además nuestros artistas grabadores han modelado y grabado troqueles para Israel, Marruecos y países Latinoamericanos, en especial para las monedas conmemorativas de la serie Iberoamericana.

La FNMT RCM ha sido innovadora, siendo por ejemplo la primera Ceca de mundo en incorporar la imagen latente en superficies rígidas, sistema de seguridad patentado, que aparece por primera vez en la moneda de 500 en 1993 y posteriormente en las de 2000 pesetas. La forma de la moneda de 50 pesetas con su canto fresado fue la precursora de la forma de la moneda de 20 céntimos de Euro que recibe el nombre de ‘Flor Española’.

## 7.2. Fabricación de los troqueles

Los diseñadores-grabadores de la Fábrica Nacional de Moneda y Timbre – Real Casa de la Moneda (FNMT RCM), comienza la producción de los troqueles con la realización de diversos proyectos sobre el tema propuesto para la moneda, que culminan en diferentes bocetos con distintos motivos o diseños.



**Ilustración 46 - El grabador artístico Alfonso Morales revisa unos bocetos**

En el anverso de las nuevas monedas de Euro, el tema elegido para las monedas de 1, 2 y 5 céntimos fue la arquitectura española, en las de oro nórdico los proyectos giraban en torno a un destacado personaje español conocido universalmente. Y por último las monedas bimetálicas deberían tratar sobre la Familia Real. Finalmente es el Gobierno el encargado de seleccionar el motivo de la moneda de entre todos los proyectos/bocetos presentados.

### Pasos para la elaboración de los troqueles

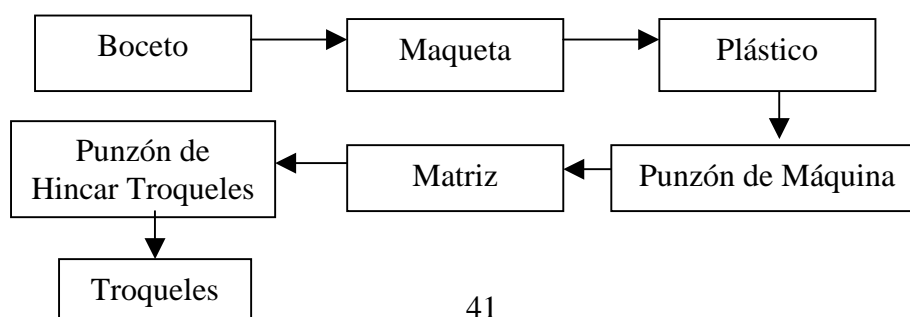




Ilustración 47 – Maqueta

Ilustración 48 -  
Creando el plástico por moldeo  
vertiendo resina de epoxi.Ilustración 49 – Plástico siendo  
trazado en el  
pantógrafo

A partir del **boceto** en papel seleccionado se crea un molde en tres dimensiones de plastilina, llamado **maqueta**, siendo su tamaño entre 4 y 6 veces mayor que la moneda a fabricar. El diseño de la plastilina es transferido a un molde de resina de goma que luego es usado para crear un molde de epoxi, resina resistente de color blanco, llamado **plástico** o **molde**. Cualquier error se puede corregir usando la maqueta de plastilina, lo que es imposible con la resina de goma o la epoxi. .

El plástico es montado en una máquina copiadora y reductora, llamada **pantógrafo**, que transfiere el diseño del plástico a una barra de acero. En el pantógrafo, un puntero traza el diseño en tres dimensiones del plástico, mientras sincronamente, en el otro extremo del pantógrafo una herramienta de corte, copia y reduce el diseño del plástico, tallando una replica de acero del tamaño final de la moneda, llamada **punzón de máquina** (positivo). La reducción por el pantógrafo es lenta, durando entre 24 y 72 horas, dependiendo del diámetro de la moneda. La herramineta de corte se lubrica durante el proceso con aceite lo que tambien permite enfriarla y eliminar imperfecciones del punzón de máquina. El puntero que copia el plástico rota lentamente en espiral y no define mucho los detalles porque rompería la resina de epoxi y es necesario retocar a buril el punzón de maquina. Así el punzón de máquina se perfecciona manualmente por el grabador agregándole detalles tales como el cabello, ojos y perfeccionando el relieve en general.





Ilustración 50 - La herramienta de corte en forma de aguja tallando el punzón de máquina

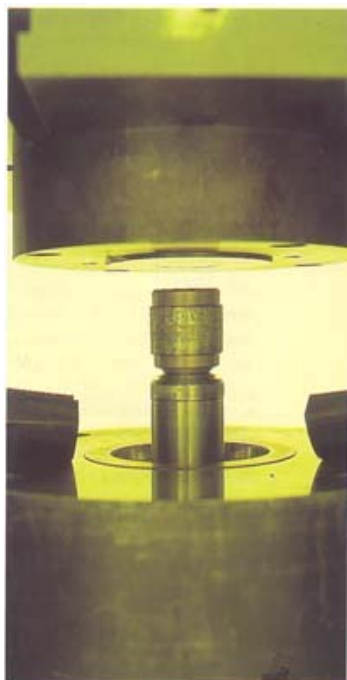


Ilustración 51 – Hincado en la prensa Hidráulica



Ilustración 52 - Punta de acero usada para obtener por hincado de la matriz, el punzón de hincar troqueles y los troqueles finales.

Mediante el proceso de hincado, empleando una prensa hidráulica, se transfiere el diseño del punzón de máquina, previamente templado para endurecerlo, a una punta de acero, previamente recocida para ablandarla, dando así origen a una copia en negativo que será la **matriz**, con diseño incuso. Se usa una barra de acero terminada en cono, llamada punta, porque mejora la calidad de la impresión. El número de impresiones punzón-matriz necesarias esta relacionado con el tamaño de la moneda, a mayor diámetro mayor número de impresiones y para cada impresión la punta hay que recocerla, debido a que se endurece por la presión a la que es sometida.

Mediante el proceso de hincado descrito anteriormente no solo se obtiene la matriz, además a partir de la matriz (negativo) se obtiene el **punzón de hincar troqueles** (positivo) y de este los **troqueles** finales (negativo) que serán montados en la acuñadora. Hasta cientos de troqueles pueden ser fabricados a partir de un punzón de hincar troqueles. Siempre que se transfiere el diseño a una punta de acero se invierte el relieve de positivo (hacia a fuera), a negativo (hacia a dentro), o viceversa.



**Ilustración 53 – Un grabador afina los perfiles de un punzón**

Los punzones y la matriz son retocados a buril por el grabador para perfeccionar su grabado, no sucede lo mismo con los troqueles finales que no sufren ningún retoque.

Cuando el **grabado** de una moneda se atribuye a un grabador este se encargó de retocar el punzón de máquina, mientras que si un grabador realizó el **modelado** de la moneda es que este elaboró la maqueta en plastilina.

El grabador utiliza múltiples herramientas en su trabajo como: buriles, cortadores, bruñidores, lentes de aumento, relojes de precisión de relieves, pasta de diamante, rascadores, cinces, etc.

En el punzón de hincar troqueles es donde el grabador da la altura definitiva a la moldura, que es el reborde que rodea el perímetro de la moneda y que se encuentra más elevado que el resto de relieves.

Este proceso de multiplicación de troqueles, creado por el francés Jean Pierre Droz en 1801 e introducido en España en 1804, aparentemente resulta complicado pero es el idóneo para conseguir la conservación indefinida de la matriz, usando una copia de esta en su lugar, el punzón de hincar troqueles, y así fabricar los troqueles finales necesarios para satisfacer la tirada de una moneda.

Para la fabricación de una tirada, solo se elabora un punzón de máquina, una matriz, un punzón de hincar troqueles, y tantos troqueles como sean necesarios para ir reemplazando los que se vayan desgastando y así poder acuñar toda la tirada. Se habla de punzón de máquina en singular, o de matriz en singular, cuando realmente son dos barras de acero cada una de las cuales lleva el diseño de una cara de la moneda.

Los troqueles finales son templados en un horno a una temperatura de 750° y enfriados rápidamente en un baño de aceite. Esto permite que cristalice el acero y así el troquel sea más duro. Después los troqueles finales son pulidos para conseguir el brillo de las monedas y la uniformidad del plano de las mismas, mediante una pulidora manual, con la que se pule con pasta de diamante el plano del troquel. Posteriormente los troqueles son cromados para endurecerlos y así poder acuñar más monedas con ellos.

Los troqueles después pasan al mecanizado, que consiste en darles la forma mediante un torno automático, con control numérico, para que se ajusten al útil donde se aloja el troquel en la máquina acuñadora.

Finalmente los troqueles son probados en máquina, realizando acuñaciones de prueba antes de entrar en fase de producción.



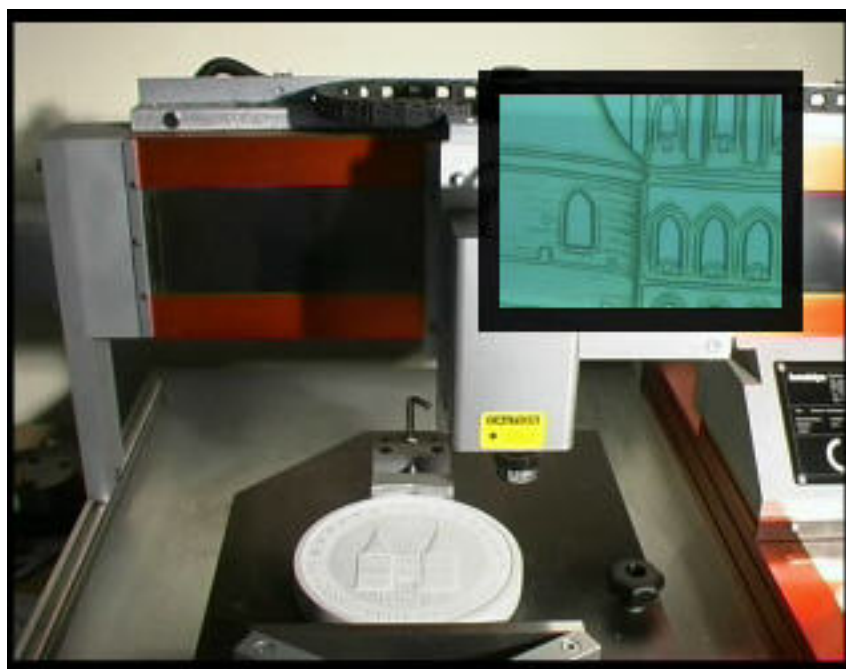
**Ilustración 54 – Pulido de Troqueles con pasta de diamante**



**Ilustración 55 – Troqueles de una moneda de 2000 pesetas**

Cuando se quiere repetir un diseño y cambia la fecha de fabricación de la moneda, se toma un punzón de hincar troqueles, se borra la fecha y se hince una nueva matriz y mediante una fresadora con control numérico se le graba la nueva fecha a la matriz y se repite todo el proceso descrito hasta la obtención de los troqueles de trabajo.

Recientemente el pantógrafo manual ha sido sustituido por un pantógrafo computerizado. El plástico o modelo de epoxi se digitaliza a un fichero que recoge toda la información de los relieves de la cara de la moneda y un ordenador es el encargado de darle las ordenes al pantógrafo para que talle el punzón de máquina.



**Ilustración 56 – Molde siendo digitalizado a un ordenador en la ceca de Berlín**

### 7.3. Fabricación de los Cospes

La fabricación de los cospes dejó de realizarse en la FNMT RCM en los años 80 y pasó a realizarse en una fábrica externa porque resultaba más rentable económicamente. En este caso se describe el proceso de fabricación llevado a cabo por CECOSA (Compañía Europea de Cospes SA), propiedad de la FNMT RCM y Eurocoin, aunque las etapas de fabricación son extensibles a cualquier Ceca que produzca los cospes o fábrica suministradora de cospes.

CECOSA es una empresa situada en Madrid, cumple la normativa de calidad ISO 9002 y en la actualidad fabrica una gran parte de los cospes para monedas de Euro de toda Europa.

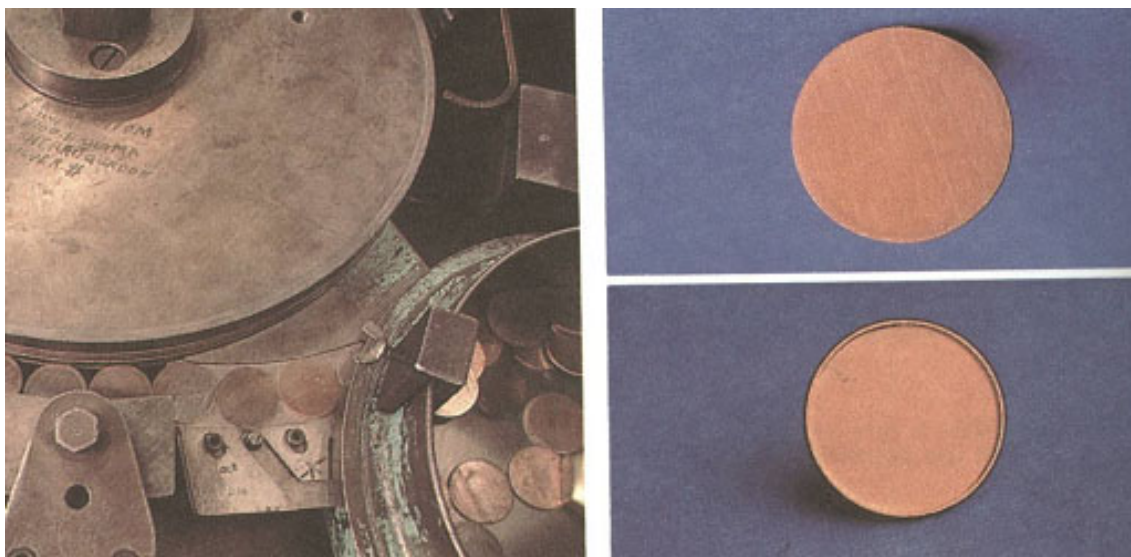


**Ilustración 39 – Bobina calada tras el corte de los cospes**

En la actualidad la tira metálica de la que se obtienen los cospes ya no se produce ‘en casa’, ahora el punto de partida son las bobinas metálicas que suministran fábricas metalúrgicas.

Así, las tiras de metal llegan a la fábrica en bobinas. Esta aleación constituye el 60% del coste de producción del cospel. Mediante desbobinadoras, la plancha o tira metálica es troquelada por unos dados de corte que agujerean las planchas a ritmo de entre 800 y 1000 **discos** por minuto. Alrededor de un 30% de la tira metálica resulta como desecho o cizalla, y será fundida para obtener nuevas planchas metálicas. Los discos lisos resultantes tienen el peso y la aleación de la moneda final y son ligeramente mayores en diámetro que la moneda final y poseen un canto rugoso.





**Ilustración 57 – Torculadora que convierte los discos en cospeles**

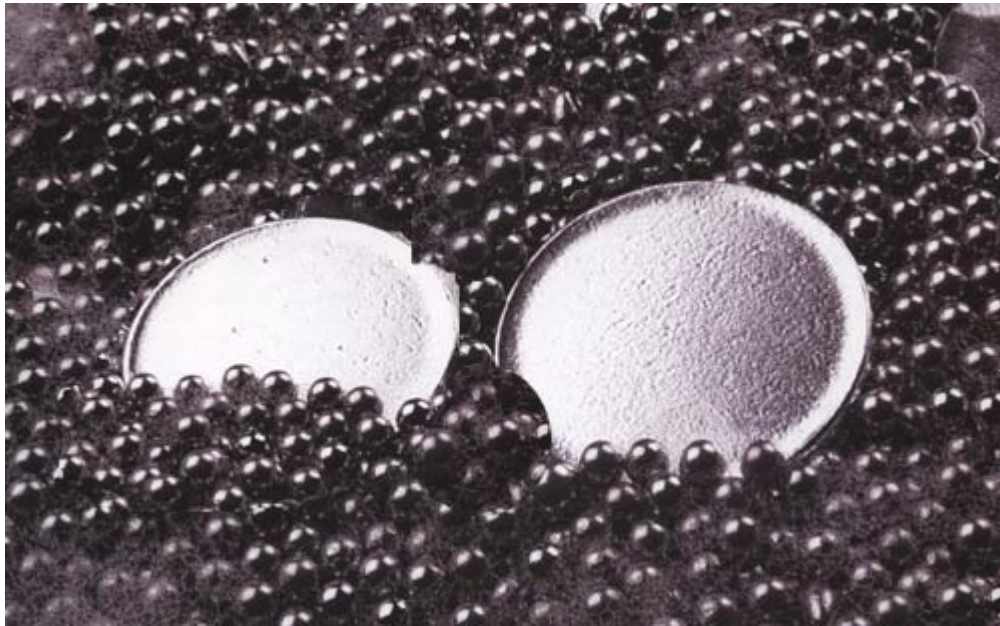
Los discos lisos se airean y pasan a la torculadora que ejerciendo una presión en todo el canto hacia el interior del disco liso, crea el listel que es el reborde que sale del canto, que protege a las monedas del desgaste, que permite también apilarlas, y también facilita la acuñación de la moldura del troquel, alargando así la vida del cuño, al no tener que remover tanto metal al acuñar el listel de la moneda.

Es decir que el cospel es el disco labiado, después del torculado, que ya tiene el diámetro, la aleación y el peso de la moneda a acuñar.

La torculadora esta formado por un tambor giratorio que ejerce una presión sobre el canto de los discos lisos que pasan a través de una ranura que se va estrechando gradualmente. Después del paso por la torculadora los discos lisos ya son cospeles con listel. Una torculadora moderna puede fabricar mas de 4.200 cospeles por minuto

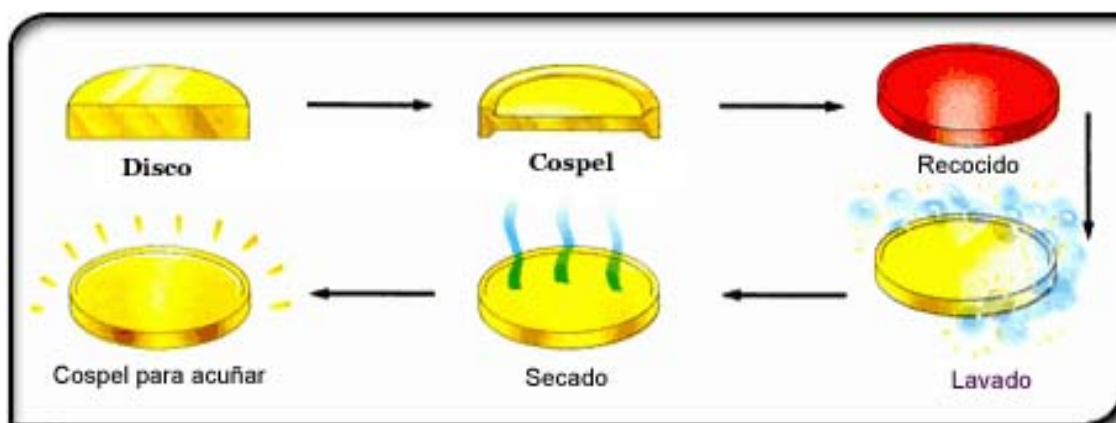
Algunos discos se agujerean para producir el anillo exterior de las monedas bimetálicas de 1 y 2 Euros. Los cospeles de 1, 2 y 5 céntimos de acero, pasan después del torculado, por un proceso de galvanizado (ver glosario) para recubrirlos con una capa de cobre de 24 micras de espesor.





**Ilustración 58 – Pulido de los cospeles mediante minúsculas bolas de acero.**

Después los cospeles se calientan en la fase de recocido en unos hornos giratorios que distribuyen el calor uniformemente, a temperaturas próximas a los 850°, ablandando internamente el metal de los cospeles para facilitar su acuñación. Posteriormente los cospeles pasan a unas lavadoras, que pulen su superficie los abrillantan y eliminan decoloraciones en su superficie, con baños de ácido clorhídrico, ácido sulfúrico, peróxido de hidrógeno y la agitación con minúsculas bolas de acero y finalmente los cospeles pulidos se secan y almacenan, para su posterior envío a la FNMT RCM. Tanto las prensas cortadores de discos, torculadoras, hornos y lavadoras son de tecnología alemana.



**Etapas en la preparación de los cospeles**

**Ilustración 59 – Etapas en la fabricación de los cospeles**

En el último paso antes del empaquetado, denominado etapa de selección visual, los cospeles pasan por una cinta y un sistema automático de visión por computador dotado de una cámara es capaz de detectar cospeles defectuosos de tamaño incorrecto que serán retirados de la cinta mediante un chorro de aire. Este proceso se realiza por ambas caras del cospel.

Cuando el cospel tiene grabado leyendas u ornamentos incusos en el canto, este grabado se realiza en la empresa que suministra dicho cospel, mediante una grabadora de cantos y no por la virola durante la acuñación. Una moneda con el canto grabado por la grabadora de cantos es la moneda de 2 Euros.

Las monedas bimetálicas, al principio, recibían por separado la acuñación de su anillo exterior y de su núcleo y después se unían. Este sistema requería de prensas de acuñación especiales, capaces de estampar el diseño en el anillo exterior. Actualmente el anillo y núcleo central se engarzan en la empresa que fábrica los cospeles y la acuñación refuerza su unión.

El **núcleo** de los cospeles bimetálicos esta formado por 3 capas a modo de sandwich, en el que la capa interior es de Níquel en las monedas de 1 y 2 Euro, y las dos capas exteriores son de Cuproníquel para la moneda de 1 Euro y de cobre con aluminio en la moneda de 2 Euro.

Otro apunte interesante, es que el canto de la flor española, moneda de 20 cent, se produce durante la acuñación por los troqueles y virola. Y que la ranura del canto del cospel de 2 cent se produce en el momento en que se torcula el disco.

## 7.4. Proceso de Acuñación

Los cospeles se trasladan a la sala de acuñación donde son depositados en tambores dosificadores que surten a las máquinas de acuñar según a la frecuencia a la que estén regulados. Dentro de la prensa de acuñación los cospeles descienden por un tubo (tolva) que automáticamente hace que los cospeles caigan a una pila y de ahí uno a uno al interior de un anillo de acero llamado “virola”, de un diámetro que corresponde con el del cospel y que los mantiene inmóviles por fracciones de segundo sobre el troquel fijo (generalmente el reverso). Además, la virola ejerce una presión lateral que evita que el metal se expanda dándole la dimensión adecuada a la moneda, y es capaz de crear el canto estriado en las monedas. Una vez la pieza está fija, comienza el prensado, y el troquel superior baja con gran fuerza e impacta al cospel, presionándolo simultáneamente entre ambos troqueles y la virola, produciéndose la acuñación simultáneamente por ambas caras y en el canto.



**Ilustración 60 – Modernas máquinas de acuñar de la FNMT**

En la actualidad, la acuñación se realiza por medio de grandes y complejas prensas movidas por motores eléctricos capaces de acuñar unas 750 piezas por minuto, mientras que hace 30 años las máquinas acuñadoras eran solo capaces de lograr velocidades de 150 monedas por minuto. La FNMT RCM en la actualidad dispone de prensas GRABENER y SCHULER, ambas marcas alemanas.

La acuñación se realiza a diferentes presiones dependiendo del metal del cospel y de su módulo pudiendo llegar a 200 toneladas de fuerza.



**Ilustración 61 – Control de Calidad**

Las monedas después de la acuñación caen fuera de la prensa y pasan un control de calidad realizado por el técnico de acuñación, operario de la máquina de acuñar, para detectar defectos en los troqueles, variantes en las monedas acuñadas, aunque estos sean prácticamente anecdóticos. Este control de calidad de la moneda final se realiza mediante una lupa de 3 aumentos inspeccionando monedas del lote recién acuñado almacenadas en un cajilón intermedio. Si el lote es bueno se deja caer el contenido del cajilón intermedio al cajilón general.



**Ilustración 62 – Proyector de Perfiles que sirve para detectar y corregir errores de acuñación**

Finalmente las monedas se cuentan y se empaquetan en bolsas o cartuchos, revisando luego los paquetes por su peso y se envían al Banco de España que se encarga de las labores de distribución. Mediante una orden Ministerial se establece la tirada de cada valor ya sea Proof o circulante.

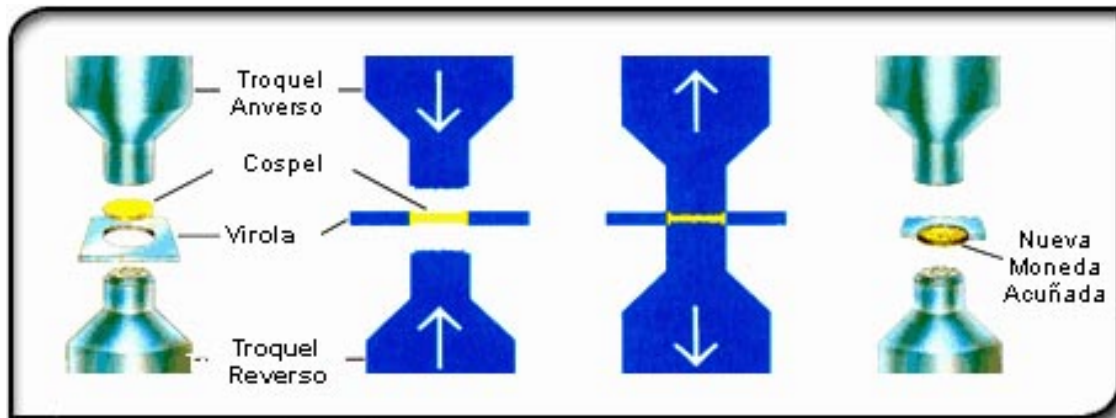
La vida de un troquel para moneda circulante es variable, en las monedas euro oscila entre 300.000 piezas y 1.000.000 de piezas, y depende mucho del motivo grabado y de la presión de acuñación necesaria, siendo mayor el desgaste del troquel a mayor presión. Las monedas de mayor diámetro o de metal más duro como la plata o acero necesitan presiones de acuñación mayor, al igual que las monedas Proof para conseguir un acabado de mayor calidad. A mayor presión de acuñado menor velocidad en piezas minutos de la máquina acuñadora. Cuando se acaba la vida productiva del troquel, por rotura, o por un desgaste que implicase una pérdida de la altura del relieve en las monedas, estos se retiran y se inutilizan destruyendo los grabados de sus caras.

Las prensas son capaces de acuñar cualquier valor, sin importar el diámetro ni el metal, solo hace falta cambiar la virola y troqueles de la prensa y establecer el un valor adecuado para la presión de acuñación.

Las nuevas prensas son capaces de detectar fallos, como un cospel descentrado o de tamaño incorrecto en la cámara de acuñación, que provocan una parada de la prensa. El acuñador toma las medidas oportunas en caso de anomalía y pone en marcha la prensa de nuevo. También es el encargado de limpiar los troqueles cuando a estos se adhieren restos de partículas de cospeles, aceite, polvo, etc.

Otro punto importante trata sobre los flujos del metal en el momento de la acuñación. En el anverso de la moneda se encuentra el diseño principal con los puntos más altos de relieve lo que no favorece que en la otra cara el metal fluya por los huecos del troquel y se creen simultáneamente otros relieves, y se intenta que las zonas de relieve de una cara coincidan con zonas sin relieve en la otra cara. Esta es

una explicación a la alineación de las caras con reverso girado 180°. Además el cospel debe tener el suficiente grosor para que halla suficiente metal para rellenar los huecos de ambos troqueles y así formar los relieves en ambas caras de la moneda de forma adecuada.



### Proceso de acuñación

Ilustración 63 – La acuñación



Ilustración 64- Instalación de los troqueles



## 7.5. Puestos de trabajo en la FNMT

- **Artista Grabador:** Es el encargado de realizar el boceto de la moneda en su labor de diseñador, de crear la maqueta en su labor de modelador y de repasar a buril el punzón de máquina, la matriz y el punzón de hincar troqueles en su labor de grabador.

Grabadores de las monedas de Euro de España:

1, 2 y 5 cents: Garcilano Rollán y Esther González.

10, 20 y 50 cents: Begoña Castellanos y Esther González

1 y 2 € Luis José Díaz y Garcilaso Rollán.



**Ilustración 65 - Grabadores FNMT. (De izda. A dcha.) Begoña Castellanos, Esther González, Luis Antonio García Ruiz (grabador jefe), Luis José Díaz y Garcilaso Rollán.**

- **Grabador mecánico:** Su trabajo consiste en obtener a partir de la maqueta de la moneda el punzón de máquina usando para ello moldes intermedios y el pantógrafo.
- **Hincador-Pulidor:** Se encarga de pulir la matriz y los troqueles finales y de operar la prensa hidráulica para el hincado de la matriz, el punzón de hincar troqueles y los troqueles finales.
- **Acuñador:** Controla la prensa de acuñación. Controla la calidad del lote acuñado con una lupa, cambia los troqueles de la prensa, el filtro de aceite, etc.

## 7.6. Monedas Proof

En 1987 la FNMT creó un nuevo departamento en la sección de fabricación de moneda, el 'Taller de Acuñaciones especiales' que se dedica a la acuñación de monedas Proof.

La definición de moneda Proof es: **la mejor moneda que se puede fabricar**. Son monedas pues de más calidad que las monedas circulantes o estandar, al emplearse troqueles y cospeles especiales y acuñarse con más cuidado. Los huecos del troquel se granan mediante un chorro de fina arena para conseguir el mateado en los relieves de la moneda, mientras que el plano del troquel es pulido con pasta de diamante para conseguir el brillo de espejo en el campo de la moneda. Por su parte, los cospeles empleados tienen más calidad, son cospeles Proof más satinados que han sido especialmente tratados.

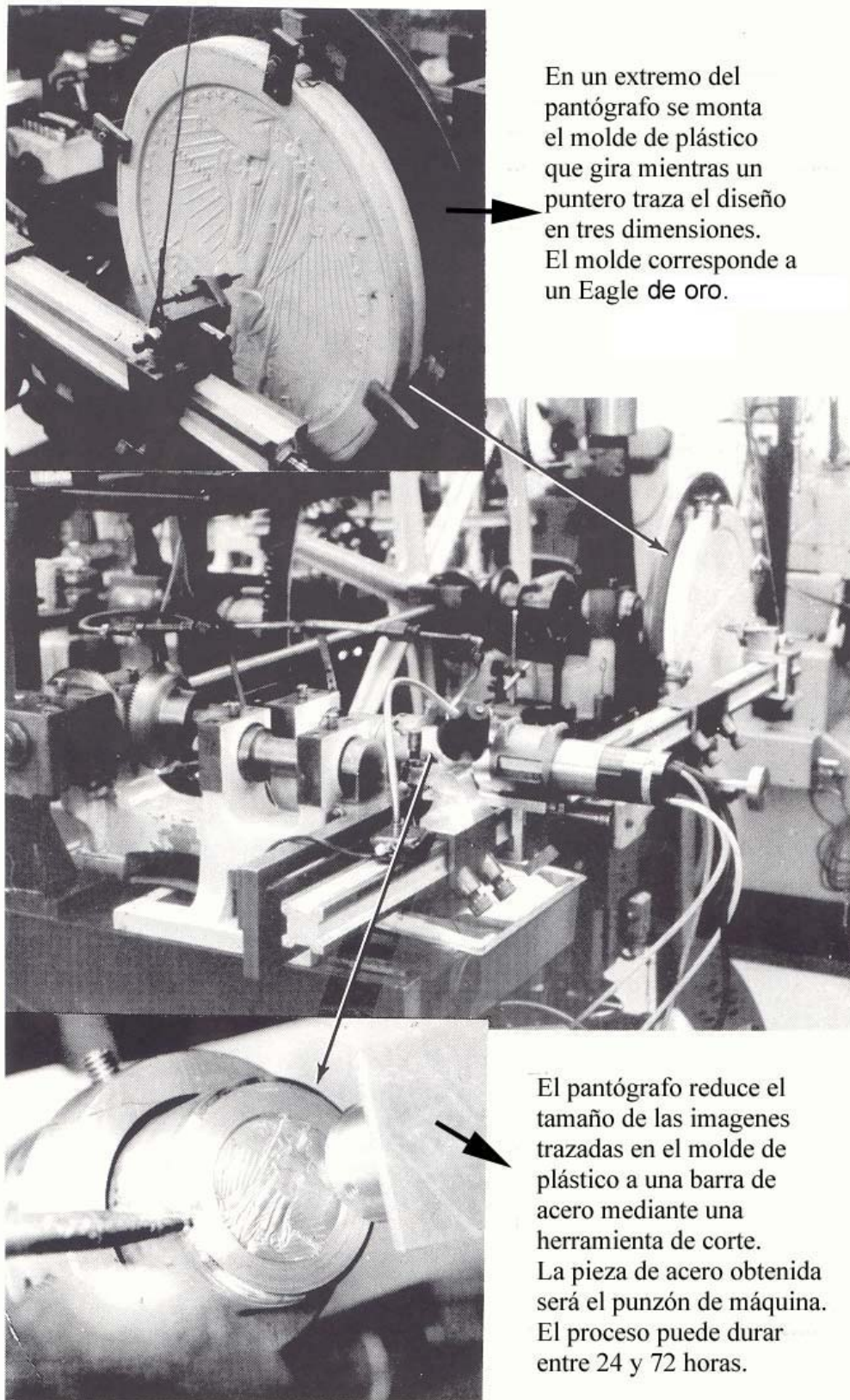
En la acuñación, el cospel es puesto manualmente entre los troqueles en la acuñadora y este recibe la acuñación a menor velocidad y mayor presión que las monedas comunes y así conseguir el mayor detalle posible. El ritmo de producción es de unas 100-200 acuñaciones por hora. Las monedas Proof pueden recibir 2 ó 3 impactos de troquel para conseguir un relieve más marcado y tener un perfecto acabado. Una vez acuñadas las monedas son manejadas individualmente por el acuñador para que no se golpeen entre sí, como sucedería en las acuñaciones circulantes.

La vida media de un troquel Proof es de unas 300 piezas para evitar signos de desgaste en el troquel y así conservar la reflectividad del plano y toda la altura del relieve de la moneda. Cuando un troquel se pica ligeramente este se repara volviendo a ser pulido. Hasta 4 o 5 pulidos pueden hacerse para un mismo troquel, pudiéndose acuñar unas 2000 piezas. Algunas veces el troquel Proof es cromado y otras no. El cromado ofrece más resistencia del troquel pero a costa de una peor calidad.



Ilustración 66 - Moneda Proof Mate 'Olimpiadas de Barcelona'

## 8. El pantógrafo



**Ilustración 67 – El Pantógrafo hace una copia reducida**



## 9. Medallas

Las medallas de pequeño diámetro se acuñan en las mismas prensas que las empleadas en monedas, mientras que las medallas de gran diámetro son acuñadas varias veces hasta que los relieves queden bien formados. Entre acuñaciones la medalla es limada por el canto y calentada al rojo o recocida para ablandar el metal.



**Ilustración 68** - La medalla es colocada manualmente entre los troqueles en una prensa especial que acuña a gran presión.



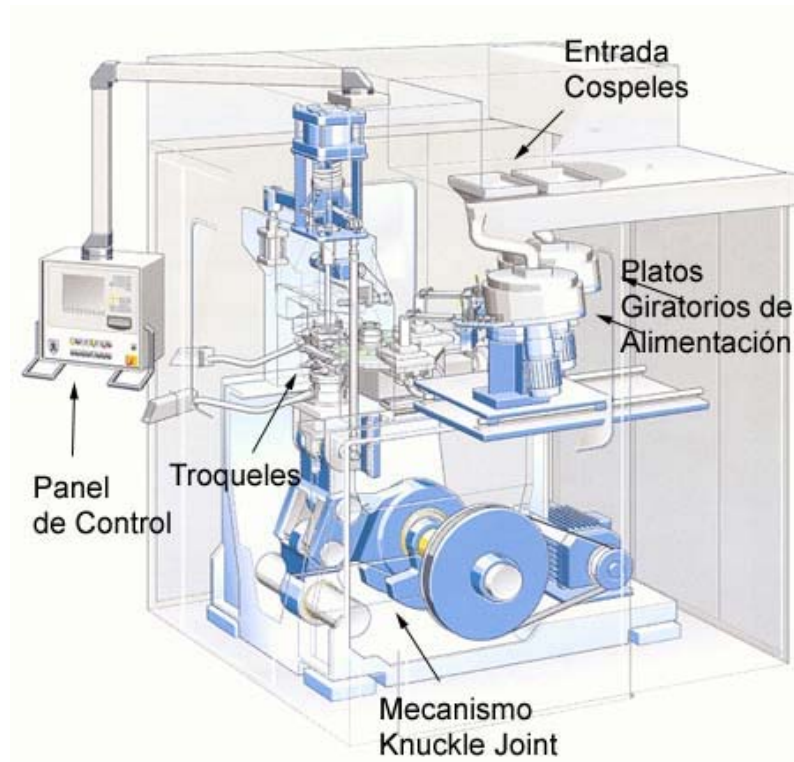
**Ilustración 69** - Por efecto de la acuñación sin virola la medalla se expande y se lima su canto en un torno.



**Ilustración 70** - La medalla es recocida para facilitar una nueva acuñación

## 10. La prensa de acuñación actual

Las prensas están cubiertas por una cabina aislante para evitar ruidos. En la actualidad las acuñadoras tienen capacidades máximas de 850 monedas por minuto y 10.000 kN de presión máxima de acuñación, siendo habituales fuerzas entre los 400kN y 1200kN y velocidades entre 600 y 700 piezas por minuto para la fabricación de las monedas circulantes de Euro.



**Ilustración 71: Interior de una máquina acuñadora**

El mecanismo knuckle-joint (unión de nudillo) hace que la prensa actúe como un pistón que acciona el troquel superior y martillea los coseles. El impacto más corto en el tiempo de los troqueles en la acuñación knuckle-joint hace que la vida de estos se alargue y aumente el detalle de los relieves difíciles.



**Ilustración 72: Panel de control**



**Ilustración 73: Disco giratorio de alimentación con alveolos para los coseles**



El Control de la prensa lo realiza el acuñador desde un panel de control en el que introduce valores de variables como la presión máxima y mínima de acuñación. El panel de control muestra informes de operación, como por ejemplo número de piezas acuñadas, presión de acuñación e informes de fallas. También posee menús de ayuda.

Las prensas son alimentadas automáticamente desde el exterior y los cospeles caen por una tolva hasta un plato vibratorio o giratorio. Los cospeles posteriormente pasan a la pila que es un depósito en el que se apilan los cospeles y de esta pasan uno a uno al disco giratorio de alimentación que indexa el cospel correctamente centrado entre los troqueles en la cámara de acuñación.

Las prensas de última generación tienen sensores que pueden detectar si el cospel está descentrado entre los troqueles, si el cospel tiene tamaño incorrecto o está incompleto, o si no hubiese cospel entre los troqueles en el instante de la acuñación. Hay prensas que lubrican los cantos de los cospeles para que la virola (troquel de canto) sufra menos desgaste. La presión de acuñado se ajusta automáticamente, entre los valores máximo y mínimo fijados por el acuñador, adecuándose a pequeñas variaciones en el grosor del cospel o temperatura del troquel.



Ilustración 74: Virola segmentada de 3 piezas con leyendas incusadas

La virola es una pieza fija de acero que contiene el cospel y que da el tamaño deseado a la moneda durante la acuñación. La virola descansa sobre unos muelles que le permiten moverse verticalmente para evitar su daño al sufrir un golpe por un troquel mal alineado o un cospel descentrado. En algunas Cecas se usa una virola segmentada en tres piezas, para la acuñación de leyendas en el canto y esta se abre para expulsar la moneda y que su canto no se dañe. Actualmente la FNMT graba las leyendas de los cospeles en máquinas especiales para esa labor llamadas grabadoras de cantos, y usa una virola de una sola pieza para dar la forma lisa o estriada al canto.

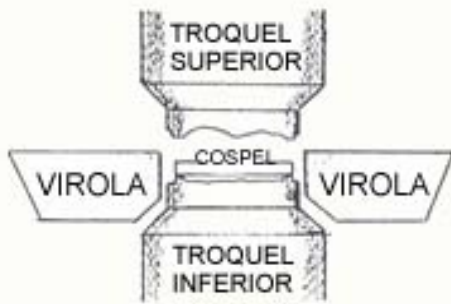


Ilustración 75: A) Cospel espera la acuñación

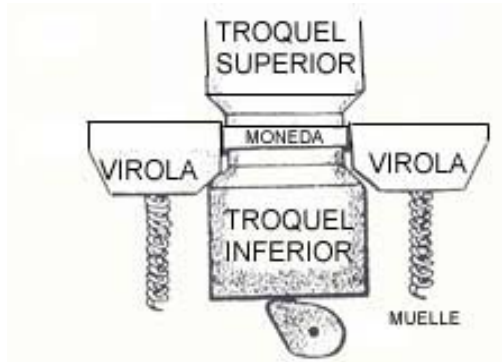


Ilustración 76: B) Acuñación

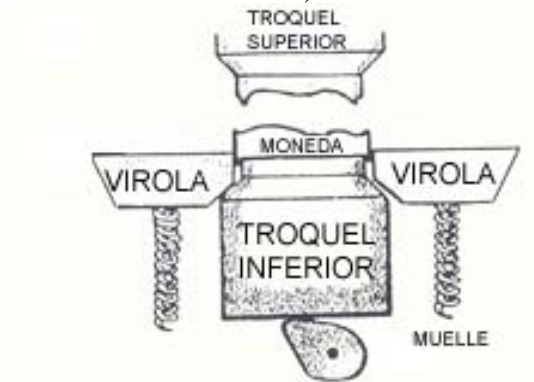


Ilustración 77: C) Retirada de la moneda

El disco giratorio de alimentación introduce el cospel en la cámara o estación de acuñación perfectamente centrado entre ambos troqueles. El troquel inferior se mantiene fijo, y es el troquel superior o móvil el que desciende con fuerza e impacta el cospel que es aprisionado por los troqueles y la virola quedando grabadas simultáneamente las improntas del anverso, reverso y las estrías del canto. Los troqueles tienen el diseño de las caras de la moneda en hueco (hacia dentro) y al impactar el troquel superior sobre el cospel el metal de este fluye por los huecos de ambos troqueles formándose los relieves de la moneda. El troquel superior sube volviendo a su posición inicial. Después, el troquel inferior movido por una palanca asciende colocando la moneda por encima de la virola y esto permite que el disco giratorio de alimentación gire una posición retirando la moneda recién acuñada y dejando listo para acuñar el siguiente cospel. La moneda recién acuñada es expulsada por un tubo de salida al exterior de la prensa.

Además de acuñar monedas monometálicas redondas o de diferentes formas, las nuevas prensas pueden trabajar con monedas **bimetálicas**. Ya sea para la creación de anillos, unión y acuñación secuencial, o incluso el reciclaje de monedas separando su anillo y núcleo.

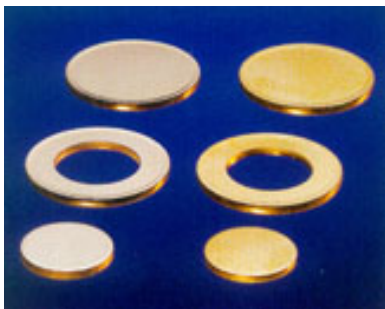


Ilustración 78: Creación del anillo de bimetálicas

Con pocos cambios se puede transformar la prensa de acuñación en una prensa perforadora dedicada a la producción de los anillos de monedas bimetálica. Las prensas taladran los cospeles que entran, creando el anillo exterior de una moneda bimetálica. También la prensa puede torcular el anillo levantando sus cantos y favorecer así la acuñación del listel de la moneda.

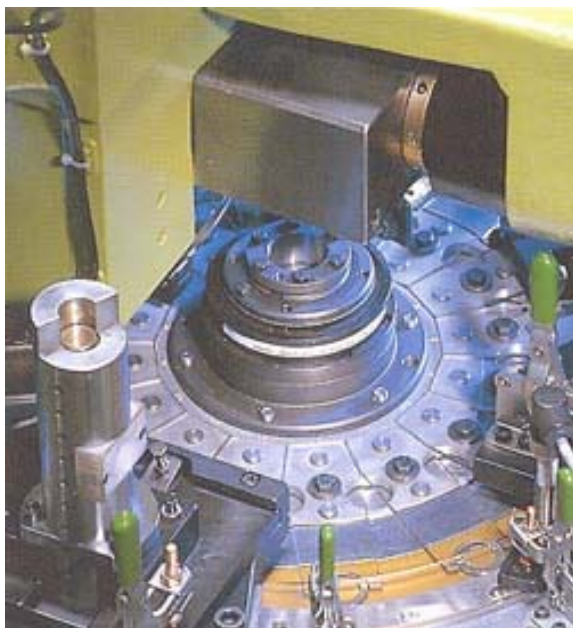


Ilustración 79: Unión y Acuñación de bimetálicas

Cuando se configura la prensa para la unión y acuñación de monedas bimetálicas de forma secuencial, los anillos entran en el disco giratorio de alimentación 180° grados antes del impacto de acuñación y los núcleos 90° antes. El núcleo es insertado en el anillo formando un cospel bicolor y seguidamente son acuñados lo que refuerza su unión.

En la Ilustración 73 vemos una pila de núcleos en la parte izquierda, mientras que el disco giratorio de alimentación transporta anillos en su exterior, que serán unidos un instante antes de la acuñación.



Ilustración 80: Reciclaje en bimetálica

Otro modo de trabajo de la prensa es la separación del anillo y núcleo de monedas bimetálicas para reciclar el metal

La acuñación múltiple, varios estampados para la misma moneda o medalla, es ideal para relieves marcados y conseguir el brillo de espejo de las monedas Proof, realizándose a una velocidad máxima de 200 piezas por minuto y una mayor presión. Durante la acuñación múltiple de una pieza el sistema de alimentación / retirada de cospeles es desactivado durante el número de acuñaciones previamente programado, generalmente 2 o 3 veces. Cuando acaba la acuñación múltiple de una moneda el sistema de alimentación / retirada de cospeles es reactivado. También en la acuñación de Proofs la prensa se puede configurar en modo de alimentación manual para conseguir una mayor calidad evitando que los cospeles se golpeen. En cuyo caso el acuñador maneja individualmente los cospeles con unos guantes, colocando un cospel Proof entre el par de troqueles y retirando manualmente la moneda después de la acuñación.

## 11. Glosario y términos en inglés

<b>Amonedar.-</b>	Reducir a estado monetal cualquier metal.
<b>Abridor.-</b>	Artífice encargado de la fabricación de troqueles o cuños. Denominase igualmente grabador.
<b>Acordonar.-</b>	Imprimir el adorno o leyenda en el canto de la moneda, para impedir su cercén. Surge gracias a la invención de la máquina de Castaign, llamada cerrila.
<b>Acuñar.- (Strike)</b>	De cuño, imprimir y sellar una pieza de metal por medio de cuño o troquel. Convertir el cospel en monedas, medallas o tokens. Facultad del Estado para fabricar monedas. También llamado amonedar.
<b>Acuñador.- (Coiner)</b>	Operario de la ceca que maneja la prensa monetaria. En la antigüedad era el esclavo que batía el metal a martillo.
<b>Aleación.- (Alloy)</b>	Moneda cuyo contenido esta formado por varios metales, que se mezclan o alean fundidos. Hay razones por las que no usar un metal puro y este se liga con otros. Por ejemplo el oro es muy blando y debe mezclarse con otro metal que le de dureza. Otras veces el ahorro en los costes de producción da lugar a una aleación determinada. Las aleaciones se practican desde la antigüedad. También llamada liga.
<b>Batir.-</b>	Acción de acuñar moneda. Hacer tomar al metal la forma que se desea a fuerza de martillo.
<b>Blanquimiento.-</b>	Tratamiento químico con ácidos para blanquear el metal oscurecido de los rieles o cospeles después de su paso por el horno de recocido, al que se dio el nombre de blanquición o blanquimiento.
<b>Bruñidor.-</b>	Herramienta que saca lustre (pule) el metal de los punzones y matrices.
<b>Bullion.-</b>	Metales preciosos como la plata, el oro, el platino y el paladio.
<b>Buril.- (Burin)</b>	Instrumento puntiagudo de acero usado desde la más remota antigüedad para el grabado de los punzones y troqueles, se utiliza solo o con la ayuda de la maceta.
<b>Campo (Fields)</b>	Zona lisa de la superficie de las caras de la moneda que carece de relieve.
<b>Ceca.- (Mint)</b>	Del hispanoárabe <i>sekka</i> , abreviación de <i>dár as sékka</i> , Casa de la Moneda donde se fabrican las monedas.
<b>Cizalla.- (Scisel)</b>	Los residuos de metal en la obtención de cospeles que volverán a ser fundidos. También las tijeras para cortar los cospeles en la Edad Media.

<b>Chorro de Arena.- (Sandblasting)</b>	Un proceso que pule la superficie de los troqueles. Usa arena de zirconio como un abrasivo que es aplicado con un chorro de aire a gran presión. Con esta técnica de chorro de arena se consiguen los motivos mate de las monedas Proof.
<b>Copela.-</b>	Vaso hecho de tierra refractaria o de cenizas de huesos calcinados, destinado a la fundición del oro y plata para su purificación, con la finalidad de determinar su ley o finura.
<b>Cospel .- (planchet/flan)</b>	El disco de metal, al que se le ha practicado el torculado, antes de recibir la impronta de los troqueles. Tendrá el diámetro, aleación y peso de la moneda final. Palabra procedente del verbo latino "scuipere"
<b>Cordoncillo.-</b>	Dibujo o leyenda estampado en el canto.
<b>Cuño.- (Die)</b>	Véase Troquel.
<b>Disco.- (Blank)</b>	Disco metálico sin labiado o listel, de la aleación y peso de la moneda a acuñar después del corte de la plancha metálica.
<b>Dispositivos.- (Devices)</b>	Elementos de diseño en relieve que figuran en las caras de la moneda.
<b>Ensayador.- (Assayer)</b>	Persona de la Ceca encargada de analizar los metales y asegurar la ley de los metales nobles y la correcta aleación de rieles, cospeles y monedas. Las iniciales del ensayador aparecen en muchas monedas españolas.
<b>Escribano.-</b>	Oficial de una ceca, encargado de llevar los libros de entradas y salidas de los metales, así como las actas de ensayos.
<b>Galvanoplastia.-</b>	Usada para recubrir con cobre cospeles de acero, zinc, etc. El método empleado es el de la electrólisis. En la galvanoplastia del cobre, los cospeles y una lámina de cobre puro se introducen en una solución de un compuesto de cobre. Se hace pasar corriente eléctrica entre la lámina, que constituye el ánodo o electrodo positivo, y los cospeles, que forman el cátodo o electrodo negativo. El cobre se separa del ánodo y se deposita, puro, sobre el cátodo, que queda recubierto.
<b>Grabador.- (Engraver / Die Sinker)</b>	También llamado abridor. Persona que en la antigüedad grababa a mano con un buril la totalidad del relieve en hueco de los troqueles. En la actualidad es el encargado de retocar los punzones y la matriz, afinando los detalles de los diseños, también es el encargado de realizar el diseño en un boceto en papel y moldear en plastilina una reproducción de la moneda a mayor escala.
<b>Hilera.- (Drawbench)</b>	Maquina utilizada para estirar y adelgazar las bandas de metal al grosor de la moneda que se debía de fabricar.



<b>Imagen Latente.-</b>	Es un nuevo sistema de seguridad en las monedas, similar a los hologramas. Siendo patentado por la FNMT y empleado por primera vez en la moneda de 500 Pesetas de 1993, consistente en grabar en un círculo la ceca y la fecha, y según la posición de la moneda se puede leer alternativamente la ceca "M" ó la fecha. Inventado por D. Luis José Díaz y D. Julián Zamorano, grabadores artísticos de la FNMT.
<b>Juez de balanza.-</b>	Oficial de una ceca, encargado de pesar los metales antes y después de la amonedación. También llamado balanzario.
<b>Labrar.-</b>	En moneda, acuñar.
<b>Ley.- (Fineness)</b>	Del latín <i>lex</i> . Proporción de oro o plata de la aleación de la moneda. Se mide en milésimas. También llamada finura.
<b>Listel.- (Rim)</b>	Es la prolongación saliente del canto de la moneda. Protege el relieve de la moneda, hallándose más elevada que los motivos de la moneda.
<b>Marca de Ceca.- (Mint Mark)</b>	Marca o inscripción de la casa que acuña la moneda. La marca de la Ceca de Madrid (FNMT) actualmente se representa con una M coronada.
<b>Matriz.- (Master Die)</b>	Del latín <i>matrix-icis</i> . Molde de acero que contiene el grabado en hueco de la moneda o medalla y del que se obtienen por hincado los punzones de hincar troqueles y a partir de ellos los troqueles.
<b>Módulo</b>	Diámetro de la moneda.
<b>Molde.- (Galvano)</b>	Molde en resina de epoxi con el diseño de la moneda a utilizarse por el pantógrafo y así crear una copia de este en una pieza de acero del tamaño final de la moneda llamada punzón de máquina.
<b>Maceta.-</b>	Pequeño martillo de acero con mango de madera utilizado para cincelar a buril matrices, punzones y troqueles.
<b>Moldura.-</b>	La moldura es un grabado hueco en el troquel que acuña el listel de la moneda.
<b>Oro Nórdico.-</b>	Aleación de las monedas de 10, 20 y 50 céntimos de Euro, compuestas por un 89% de cobre, 5% de aluminio, 5% de zinc y 1% de estaño.
<b>Pantógrafo.- (Pantograph)</b>	Máquina que reduce y copia el diseño del molde de epoxi, 4 a 6 veces mayor que el tamaño de la moneda a acuñar, tallando una replica llamada punzón de máquina de tamaño igual al de la moneda a acuñar.
<b>Prensa Monetaria.- (Coin Press)</b>	Maquinaria usada para acuñar moneda. Ejemplos son la prensa volante accionada por la fuerza humana o animal, inventada en el siglo XVI y que a principios del siglo XIX fue sustituida por una prensa que funcionaba mediante vapor con mecanismo knuckle-joint inventada por Uhlhorn que fue el origen de las modernas prensas actuales capaces de acuñar hasta 700 monedas por minuto.

<b>Prooflike.</b>	Calidad de fabricación inferior a la Proof. Los cospeles y troqueles deben ser pulidos a brillo de espejo, aunque algunas imperfecciones son aceptables. La colocación del cospel no tiene que ser manual. La prensa puede acuñar entre 500-1000 monedas hasta que los troqueles son reciclados, volviéndose a pulir.
<b>Pulido del Cospel.-</b>	Operación que permite abrillantar o pulir la superficie del cospel para eliminar las oxidaciones de la etapa de recocido.
<b>Pulido de Troquel.- (Die Polish)</b>	Operación que permite abrillantar o pulir el campo o zonas sin relieve del troquel, para conseguir el plano uniforme en el campo de la cara de la moneda.
<b>Punzón de hincar troqueles.- (Working Hub)</b>	Del latín <i>punctio, onis, de punctum</i> , punto. Herramienta de acero con grabado en relieve (positivo), proveniente de la matriz después del hincado.
<b>Punzón de máquina.- (Master Hub)</b>	Del latín <i>punctio, onis, de punctum</i> , punto. Herramienta de acero con grabado en relieve positivo, proveniente del pantógrafo.
<b>Recocho.-</b>	Horno donde se calentaban los rieles de metal para hacerlos más dúctiles.
<b>Recocido.- (Annealing)</b>	Acción de ablandar el metal por medio de un tratamiento térmico que consiste en calentar el metal al rojo y dejarlo enfriar lentamente.
<b>Riel.- (Metal Strip)</b>	Tira metálica con la aleación de la moneda a acuñar de la que se obtienen los cospeles.
<b>Templar.- (Quench)</b>	Acción de endurecer el metal por medio de un tratamiento térmico que consiste en calentar el metal al rojo y enfriarlo de forma súbita al introducirlo en un líquido frío, como puede ser el aceite.
<b>Tesorero.-</b>	Ministro de una ceca encargado de la custodia y distribución de los metales.
<b>Toque.-</b>	Piedra usada para el ensaye de ley del oro y plata y operación con que se determina la misma.
<b>Torculadora (Upsetting Mill)</b>	Máquina que crea el listel en el disco. Se trata de una batería giratoria que consta de un conducto, el cospel entra por el conducto, y mientras gira, recibe una presión desde el canto hacia el centro que hace que se eleve su canto a lo largo del perímetro de la moneda.
<b>Troquel.- (Die)</b>	Pieza de acero endurecido en el que se han grabado en hueco todos los elementos del diseño de una de las caras de la moneda y que al golpear el cospel a una cierta presión estampa el diseño en la moneda.
<b>Virola o Troquel de Canto.- (Die Collar)</b>	Herramienta cilíndrica de acero, situada en la prensa de acuñar entre ambos troqueles que limita la expansión del cospel por efecto de la acuñación. La virola también puede llevar diseños en relieve hacia adentro y acuñar leyendas en el canto o acuñar las estrías del canto.

## 12. Material consultado

### 12.1. Libros

- Aledón, Jose M<sup>a</sup>. “La Peseta Catálogo Básico”, 1997
- Amaya, Carlos. “Error es de numismáticos”, 2004
- Beltrán, Antonio. “La Moneda, una Introducción al Estudio de la Numismática”, 1983
- Cooper, Denis. “The Arts and Crafts of Coin Making. A History of Minting Technology”, 1988
- Cooper, Denis. “Coins and Minting”, 1996
- Durán. “Historia de la Casa de la Moneda y Timbre” en *Separata Numisma* 1975
- Egea Isern, Joan. *Crónica Numismática, nº 144*
- Gozalbes, Manuel y Ripollès, Pere Pau. “La fabricación de la moneda en la Antigüedad”, en *Actas XI Congreso Nacional de Numismática*, Zaragoza 2002.
- Herbert, Alan. “The Official Price Guide to Minting Errors 6th Edition”, 2002
- Margolis y Weinberg , “The Error Coin Encyclopedia 3rd Edition”, 2000
- Margolis y Weinberg , “The Error Coin Encyclopedia 4th Edition”, 2004
- Murray, Glenn. “Problemas técnicos en la acuñación durante la edad moderna”, en *Actas XI Congreso Nacional de Numismática*, Zaragoza 2002.
- Thompson, Walter. “How United States Coins Are Made”,
- Torres, Julio. “La fabricación de la moneda en la Edad Media”, en *Actas XI Congreso Nacional de Numismática*, Zaragoza 2002.

### 12.2. Sitios Web

- Amigos de la Casa de la Moneda de Segovia - <http://www.segoviamint.org/>
- Euromint - <http://www.euromint.net>

- USA Mint Tour - [http://www.usmint.gov/mint\\_tours/index.cfm?flash=yes&action=vtShell](http://www.usmint.gov/mint_tours/index.cfm?flash=yes&action=vtShell)
- FNMT RCM – <http://www.fnmt.es>
- Royal Australian Mint - <http://www.ramint.gov.au>
- Casa de la Moneda de París - <http://www.monnaiedeparis.net/>
- El País, artículo: ‘Innovación industrial y tecnológica en la fabricación de los euros españoles’ – Malen Ruiz Elvira.  
<http://www.elpais.es/suplementos/futuro/20010704/innovacion.html>
- Glosario Numismático de Enrique Rubio Santos - <http://www.numisma.org>

## 13. Agradecimientos

**D. Luis Antonio García** – Grabador Jefe de la FNMT - RCM

**D. Alfonso Morales Muñoz** – Artista / grabador de la FNMT – RCM

**D. Enrique Rubio Santos** – Numismático, vocal de la ANE